



TUGAS AKHIR - SS141501

**PEMODELAN DAN PEMETAAN KASUS *PNEUMONIA*
DI KOTA PADANG TAHUN 2014 DENGAN
*GEOGRAPHICALLY WEIGHTED NEGATIVE BINOMIAL
REGRESSION***

**RENO WARNI DIVA RAHMITRI
NRP 1314 105 006**

**Dosen Pembimbing
Dra. Wiwiek Setya Winahju, M.S**

**PROGRAM STUDI S1
JURUSAN STATISTIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2016**



FINAL PROJECT - SS141501

**MODELING AND MAPPING OF *PNEUMONIA* CASES
IN PADANG DURING 2014 USING *GEOGRAPHICALLY
WEIGHTED NEGATIVE BINOMIAL REGRESSION***

**RENO WARNI DIVA RAHMITRI
NRP 1314 105 006**

**Supervisor
Dra. Wiwiek Setya Winahju, M.S**

**UNDERGRADUATE PROGRAMME
DEPARTMENT OF STATISTICS
FACULTY OF MATHEMATICS AND NATURAL SCIENCES
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2016**

LEMBAR PENGESAHAN

**PEMODELAN DAN PEMETAAN KASUS *PNEUMONIA* DI
KOTA PADANG TAHUN 2014 DENGAN
*GEOGRAPHICALLY WEIGHTED NEGATIVE BINOMIAL
REGRESSION***

TUGAS AKHIR

**Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana
pada**

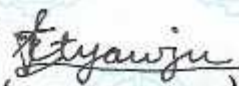
**Program Studi S-1 Jurusan Statistika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya**

Oleh:

**RENO WARNI DIVA RAHMITRI
NRP. 1314 105 006**

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

**Dra. Wiwiek Setya W., M.S
NIP. 19560424 198303 2 001**


(.....)

Mengetahui

Ketua Jurusan Statistika FMIPA ITS



**Dr. Suhartono
NIP. 19710929 199512 1 001**

SURABAYA, JULI 2016

PEMODELAN DAN PEMETAAN KASUS PNEUMONIA DI KOTA PADANG TAHUN 2014 DENGAN GEOGRAPHICALLY WEIGHTED NEGATIVE BINOMIAL REGRESSION

Nama Mahasiswa : Reno Warni Diva Rahmitri
NRP : 1314 105 006
Jurusan : Statistika FMIPA-ITS
Dosen Pembimbing : Dra. Wiwiek Setya Winahju, MS

Abstrak

Pneumonia merupakan salah satu penyakit yang paling banyak menyebabkan kematian pada balita dan termasuk dalam penyakit menular. Penyakit menular tertinggi di Kota Padang pada tahun 2014 adalah kasus ISPA dengan 20,5% atau sekitar 1.850 kasus merupakan kasus pneumonia. Untuk menanggulangi kasus pneumonia, maka perlu mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhinya. Setiap wilayah memiliki karakteristik yang berbeda-beda sehingga menyebabkan adanya perbedaan kasus pneumonia antara wilayah yang satu dengan wilayah lainnya. Dalam penelitian ini dilakukan pemodelan jumlah kasus pneumonia dengan metode geographically weighted negative binomial regression (GWNBR). Hasil pemodelan dengan menggunakan GWNBR diperoleh tidak terdapat perbedaan variabel yang berpengaruh signifikan terhadap pembentukan model di tiap kecamatan di Kota Padang. Seluruh variabel mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap model, yaitu kepadatan penduduk (X_1), persentase rumah tangga yang berperilaku hidup bersih dan sehat (X_2), persentase pemberian ASI eksklusif (X_3), persentase balita gizi buruk (X_4) dan kualitas udara partikulat (X_5).

Kata kunci : GWNBR, Pneumonia, Regresi Binomial Negatif

MODELING AND MAPPING OF *PNEUMONIA* CASES IN PADANG DURING 2014 USING *GEOGRAPHICALLY WEIGHTED NEGATIVE BINOMIAL REGRESSION*

Student Name : Reno Warni Diva Rahmitri
NRP : 1314 105 006
Department : Statistics FMIPA-ITS
Supervisor : Dra. Wiwiek Setya Winahju, MS

Abstract

Pneumonia is one of the most disease causing death in infants and included in infectious diseases. The highest infectious diseases in the city of Padang in 2014 was 20.5% of upper respiratory tract infection cases with approximately 1,850 cases of the pneumonia cases. It is necessary to know the factors that influence it. Each district has different characteristics, so the causing differences in pneumonia cases from district with other districts. In this research, modeling the number of pneumonia cases with method geographically weighted negative binomial regression (GWNBR). Modeling results obtained by using GWNBR there is no difference variables that significantly influence the formation of the model in every district in the city of Padang. All variables have a significant influence on the model, the variables are population density (X_1), the percentage of households behave clean and healthy life (X_2), the percentage of exclusive breastfeeding (X_3), the percentage of children malnutrition (X_4) and air quality (X_5).

Keywords : GWNBR, Negative Binomial Regression, Pneumonia

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	iii
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Batasan Masalah	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Multikolinieritas.....	7
2.2 Regresi Poisson.....	7
2.2.1 Estimasi Parameter Model Regresi Poisson	9
2.2.2 Pengujian Parameter Model Regresi Poisson	11
2.2.3 Overdispersi	12
2.3 Regresi Binomial Negatif	12
2.3.1 Estimasi Parameter Model Regresi Binomial Negatif.....	13
2.3.2 Pengujian Parameter Model Regresi Binomial Negatif.....	14
2.4 Pengujian Spasial.....	15
2.4.1 Pengujian Heterogenitas Spasial	15
2.4.2 Pengujian Dependensi Spasial.....	16
2.4.3 Penentuan Bandwidth dan Pembobot Optimum.....	17
2.5 <i>Geographically Weighted Negative Binomial Regression (GWNBR)</i>	18
2.5.1 Estimasi Parameter Model GWNBR	19

2.5.2 Pengujian Kesamaan Model GWNBR	20
2.5.3 Pengujian Parameter Model GWNBR.....	20
2.6 Pneumonia	21
2.7 Penelitian Sebelumnya.....	22
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Sumber Data	25
3.2 Variabel Penelitian.....	25
3.3 Langkah Analisis	26
3.4 Diagram Alir.....	27
BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN	
4.1 Deskripsi dan Pemetaan Variabel Penelitian	31
4.1.1 Jumlah Kasus Pneumonia.....	33
4.1.2 Kepadatan Penduduk	34
4.1.3 Persentase Rumah Tangga yang Berperilaku Hidup Bersih dan Sehat (PHBS).....	35
4.1.4 Persentase Pemberian ASI Eksklusif.....	36
4.1.5 Persentase Balita Gizi Buruk.....	38
4.1.6 <i>Particulate Matter</i> (PM10).....	39
4.2 Pemodelan Jumlah Kasus Pneumonia Di Kota Padang. 40	
4.2.1 Pemeriksaan Multikolinieritas	40
4.2.2 Pemodelan Jumlah Kasus Pneumonia Menggunakan Regresi Poisson	41
4.2.3 Pemeriksaan Overdispersi	42
4.2.4 Pemodelan Jumlah Kasus Pneumonia Menggunakan Regresi Binomial Negatif.....	43
4.2.5 Uji Signifikansi Parameter Dispesi.....	45
4.2.6 Pengujian Aspek Spasial	45
4.2.7 Pemodelan Jumlah Kasus Pneumonia Menggunakan GWNBR	46
4.2.8 Pemilihan Model Terbaik	52
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan.....	55
5.2 Saran	55
DAFTAR PUSTAKA	57
LAMPIRAN.....	59

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 3.1 Diagram Alir	28
Gambar 4.1 Persebaran Jumlah Kasus Pneumonia di Kota Padang.....	33
Gambar 4.2 Persebaran Kepadatan Penduduk	34
Gambar 4.3 Persebaran Persentase Rumah Tangga ber-PHBS	36
Gambar 4.4 Persebaran Persentase Pemberian ASI eksklusif ..	37
Gambar 4.5 Persebaran Persentase Balita Gizi Buruk.....	38
Gambar 4.6 Persebaran <i>Particulate Matter</i> (PM10).....	39
Gambar 4.7 Persebaran Wilayah berdasarkan Variabel yang Signifikan ($\alpha=10\%$).....	50
Gambar 4.7 Persebaran Wilayah berdasarkan Variabel yang Signifikan ($\alpha=5\%$).....	50

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 3.1 Variabel Penelitian	26
Tabel 4.1 Statistika Deskriptif Variabel Penelitian	32
Tabel 4.2 Nilai VIF	41
Tabel 4.3 Estimasi Parameter Model Regresi Poisson	41
Tabel 4.4 Estimasi Parameter Model Regresi Binomial Negatif.....	43
Tabel 4.5 Model GWNBR untuk Tiap Kecamatan	49
Tabel 4.6 Estimasi Parameter Model GWNBR di Kecamatan Padang Timur	51
Tabel 4.7 Nilai AIC	53

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pneumonia merupakan salah satu bagian penyakit infeksi saluran pernapasan (ISPA) pada anak dan merupakan salah satu penyakit yang paling banyak menyebabkan kematian pada balita. *Pneumonia* adalah penyakit infeksi akut pada selaput paru-paru yang disebabkan oleh bakteri, virus dan parasit. *World Health Organization* (WHO) menyatakan bahwa 1 dari 3 penyebab kematian pada anak dibawah usia lima tahun adalah ISPA, dan kasus yang paling banyak adalah ISPA dengan *pneumonia* (radang selaput paru-paru), yaitu sekitar 1,2 juta per tahun terjadi kematian pada balita yang disebabkan oleh *pneumonia*. Kejadian *pneumonia* ini banyak terjadi di negara-negara berkembang.

Indonesia menduduki peringkat ke-6 di dunia untuk kasus *pneumonia* pada balita dengan jumlah kasus yang sangat tinggi, yaitu sekitar 6 juta kasus per tahun. Dalam upaya untuk mengurangi jumlah kasus *pneumonia*, pemerintah telah menyusun program pembangunan dalam bidang kesehatan yaitu Pemberantasan Penyakit Menular (P2M). *Pneumonia* merupakan salah satu penyakit menular yang menjadi ancaman bagi balita. Berdasarkan hasil survei ISPA berat di Indonesia (SIBI) pada April 2014 menyatakan bahwa sebesar 39% kasus ISPA berat dan kasus positif influenza sebesar 44% dan ditemukan pada kelompok umur 1-4 tahun. Sejauh ini, program tersebut hanya mampu menurunkan 35% angka kematian akibat penyakit ini.

Sumatera Barat menduduki peringkat ke-3 jumlah penderita *pneumonia* pada balita di Pulau Sumatera. Jumlah penderita *pneumonia* pada balita pada tahun 2014 yaitu 13.384, sedangkan pada tahun 2013 jumlah penderita *pneumonia* sebanyak 7376. Jumlah penderita *pneumonia* pada tahun 2014 meningkat dua kali dibandingkan pada tahun 2013. Salah satu faktor penyebab yang meningkatkan jumlah kasus *pneumonia* yaitu adanya kabut

asap kiriman dari provinsi sekitar Sumatera Barat. Namun, fenomena ini tidak dapat dikontrol, karena sulit untuk diatasi dan kejadian tersebut tidak berada di wilayah Sumatera Barat.

Kasus penyakit menular terbanyak di Kota Padang pada tahun 2014 yaitu kasus ISPA sebesar 41% yaitu sekitar 81.619 kasus. Sedangkan jumlah kasus *pneumonia* yang ditemukan pada balita sebanyak 8.979 kasus (Dinas Kesehatan Kota Padang, 2015). Angka ini sangat besar yaitu dari seluruh kasus *pneumonia* di Sumatera Barat sekitar 67% kasus terjadi di Kota Padang. Balita penderita *pneumonia* yang ditemukan dan ditangani sebanyak 1.850 kasus atau sekitar 20,5%.

Pneumonia masih merupakan masalah kesehatan masyarakat Indonesia termasuk Kota Padang, dimana penyakit ini merupakan penyebab kematian tertinggi pada balita. Berbagai upaya sudah dilakukan oleh pemerintah dalam rangka penurunan angka kesakitan dan kematian akibat infeksi saluran pernapasan akut terutama *pneumonia*. Upaya lain yang dapat dilakukan yaitu mengetahui faktor penyebab yang dapat meningkatkan kejadian *pneumonia* pada balita diantaranya yaitu perilaku kesehatan, lingkungan tempat tinggal dan kondisi tubuh balita tersebut.

Pneumonia dapat menular melalui udara dan sering terjadi pada anak-anak. Kondisi ini menyebabkan fungsi pernapasan menjadi terganggu. Jika tidak segera ditangani, penyakit ini dapat menyebar ke seluruh sistem pernapasan tubuh. Tubuh tidak bisa mendapatkan cukup oksigen karena infeksi yang terjadi dan kondisi ini bisa berakibat fatal, bahkan mungkin mematikan. Jika kondisi ini dibiarkan atau tidak dipedulikan maka akan berpotensi menyebar dari orang ke orang. Bagi yang mengalami kelainan sistem kekebalan tubuh dan juga orang yang lanjut usia akan lebih mudah terserang penyakit ini. Salah satu upaya mengurangi jumlah penderita *pneumonia* yaitu perlu mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhinya.

Kondisi geografis, ekonomi dan sosial budaya suatu wilayah tentunya berbeda. Sehingga faktor-faktor yang mempengaruhi terjadinya *pneumonia* di suatu wilayah juga akan berbeda. Pene-

litian yang sama telah dilakukan oleh Hidayah (2014) pada kasus ISPA di Kabupaten Gresik dengan menggunakan metode *geographically weighted regression* (GWR). Adapun hasil yang diperoleh adalah terdapat 7 pengelompokan kecamatan yang memiliki kesamaan variabel yang mempengaruhi. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa faktor yang mempengaruhi ISPA di tiap kecamatan di Kabupaten Gresik berbeda.

Adapun penelitian lain yang menjadi rujukan dalam penelitian ini telah dilakukan oleh Ningsih (2014) dimana masalah dalam penelitian tersebut adalah kejadian *pneumonia* pada anak balita di Puskesmas Ulak Karang Kecamatan Padang Utara dengan menggunakan metode Regresi Logistik. Unit penelitian tersebut adalah individu penderita *pneumonia* yang melakukan pengobatan di Puskesmas Ulak Karang. Dari 6 variabel yang digunakan terdapat 2 variabel yang berpengaruh signifikan yaitu ASI eksklusif dan berat badan lahir rendah. Penelitian lainnya yang menjadi rujukan metode statistik dalam penelitian ini salah satunya oleh Pratama (2015) dimana masalah dalam penelitian ini adalah pada kasus penyakit *tuberculosis* (TBC) di Provinsi Jawa Barat dengan menggunakan *geographically weighted negative binomial regression*. Hasil dari penelitian ini adalah terdapat 5 pengelompokan kabupaten/kota berdasarkan variabel yang mempengaruhi.

Mengacu pada penelitian tersebut, metode yang digunakan untuk mengetahui faktor yang mempengaruhi kejadian *pneumonia* pada balita yaitu *geographically weighted negative binomial regression* (GWNBR) merupakan metode pengembangan dari metode *negative binomial* dimana memperhatikan aspek data spasial serta dapat menangani kasus overdispersi pada data jumlah. Dengan diberikan pembobotan berdasarkan posisi atau jarak suatu wilayah pengamatan dengan wilayah pengamatan lainnya. Variabel respon yang digunakan merupakan jumlah kasus *pneumonia* dan faktor diduga mempengaruhi yaitu faktor lingkungan dan perilaku kesehatan, serta kecamatan merupakan

aspek data spasial yang ditunjukkan dengan titik lintang dan bujur ditiap kecamatan.

1.2 Perumusan Masalah

Pneumonia merupakan salah satu bagian penyakit infeksi saluran pernapasan pada anak dan merupakan salah satu penyakit yang paling banyak menyebabkan kematian pada balita. *Pneumonia* termasuk dalam penyakit yang menular. Faktor-faktor yang mempengaruhi *pneumonia* untuk tiap kecamatan di Kota Padang belum tentu sama, karena adanya perbedaan kondisi geografis, sosial dan budaya. Metode yang dapat digunakan untuk mendeteksi faktor-faktor yang mempengaruhi *pneumonia* dan dapat memperhatikan aspek data spasial adalah *geographically weighted negative binomial regression* (GWNBR), dengan variabel respon jumlah kasus *pneumonia* di Kota Padang dan faktor yang diduga mempengaruhi yaitu faktor lingkungan dan perilaku kesehatan, serta kecamatan merupakan aspek data spasial yang ditunjukkan dengan titik lintang dan bujur ditiap kecamatan.

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah diuraikan, tujuan penelitian ini adalah

1. Mengetahui karakteristik dan melakukan pemetaan jumlah kasus *pneumonia* di Kota Padang dan faktor-faktor yang diduga mempengaruhinya pada tahun 2014.
2. Mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhi jumlah kasus *pneumonia* berdasarkan kecamatan di Kota Padang tahun 2014.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Bagi pemerintah khususnya Dinas Kesehatan, memberikan tambahan informasi mengenai faktor-faktor yang mempengaruhi penyakit *pneumonia* di Kota Padang,

sehingga dapat menentukan kebijakan terbaik untuk mewujudkan tujuan program pembangunan kesehatan.

2. Dapat memprediksi jumlah kasus *pneumonia* di Kota Padang berdasarkan perubahan dari nilai variabel prediktor yang mempengaruhi kasus *pneumonia*.

1.5 Batasan Masalah

Pada penelitian ini masalah hanya dibatasi pada kasus jumlah *pneumonia* di Kota Padang tahun 2014 dengan faktor-faktor yang diduga mempengaruhi (variabel prediktor) sebanyak 5 variabel yang merupakan Data Profil Kesehatan Kota Padang tahun 2014 dengan metode *geographically weighted negative binomial regression* (GWNBR).

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bagian ini akan diuraikan mengenai konsep penelitian pemodelan dan pemetaan kejadian kasus *pneumonia* di Kota Padang dengan pendekatan *geographically weighted negative binomial regression* (GWNBR). Adapun uraian tersebut adalah sebagai berikut.

2.1 Multikolinieritas

Multikolinieritas merupakan adanya korelasi yang tinggi diantara variabel-variabel bebas dalam model. Variabel X_1, X_2, \dots, X_p dikatakan bersifat saling bebas jika matriks korelasi antar variabel membentuk matriks identitas. Dalam model regresi, adanya korelasi antar variabel prediktor menyebabkan taksiran parameter regresi yang dihasilkan akan memiliki error yang sangat besar.

Pendeteksian kasus multikolinieritas dapat dilihat melalui beberapa cara yaitu sebagai berikut.

1. Jika koefisien korelasi Pearson (r_{ij}) antar variabel prediktor lebih dari 0,95 maka terdapat korelasi antar variabel tersebut.
2. Nilai VIF (*Varian Inflation Factor*) lebih besar dari 10 menunjukkan adanya multikolinieritas antarvariabel prediktor. Nilai VIF dinyatakan sebagai berikut:

$$VIF_j = \frac{1}{1 - R_j^2} \quad (2.1)$$

dengan R_j^2 adalah koefisien determinasi antara X_j dengan variabel prediktor lainnya (Hocking, 1996).

Solusi untuk mengatasi adanya kasus multikolinieritas adalah dengan cara mengeluarkan variabel prediktor yang tidak signifikan dalam model.

2.2 Regresi Poisson

Regresi Poisson merupakan model regresi nonlinier yang sering digunakan untuk menganalisis suatu data *count*. Regresi

Poisson adalah salah satu regresi yang digunakan untuk memodelkan antara variabel respon dan variabel prediktor dengan mengasumsikan variabel Y berdistribusi Poisson. Distribusi Poisson menyatakan banyaknya sukses yang terjadi dalam suatu selang waktu atau daerah tertentu (Walpole, 1995). Beberapa karakteristik yang merupakan kasus distribusi Poisson adalah (Cameron & Trivedi, 1998),

1. Kejadian yang terjadi pada populasi yang besar dengan probabilitas yang kecil.
2. Bergantung pada interval waktu tertentu.
3. Kejadian yang termasuk ke dalam *counting process* atau termasuk ke dalam lingkupan proses stokastik.
4. Perulangan dari kejadian yang mengikuti sebaran distribusi binomial.

Jika variabel random diskrit Y merupakan distribusi Poisson dengan parameter μ maka fungsi peluang dari distribusi Poisson itu sendiri dapat dinyatakan sebagai berikut.

$$f(y, \mu) = \frac{e^{-\mu} \mu^y}{y!}; y = 0, 1, 2, \dots \quad (2.2)$$

dengan μ merupakan rata-rata variabel respon yang berdistribusi Poisson dimana nilai rata-rata dan varians dari Y mempunyai nilai lebih dari 0. Distribusi Poisson adalah suatu distribusi yang paling sederhana dalam pemodelan data yang berupa *count* atau jumlah. Distribusi Poisson memiliki ciri bahwa nilai mean sama dengan varians. Pada kenyataannya ditemukan suatu kondisi dimana varians lebih besar dari nilai mean yang disebut kondisi overdispersi. Regresi Poisson tidak sesuai untuk kasus overdispersi karena akan menghasilkan estimasi parameter yang bias dan tidak efisien.

Persamaan model regresi Poisson dapat ditulis sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \hat{\mu}_i &= \exp(\mathbf{X}_i^T \boldsymbol{\beta}) \\ \hat{\mu}_i &= \exp(\beta_0 + \beta_1 X_{i1} + \beta_2 X_{i2} + \dots + \beta_p X_{ip}) \\ \ln(\hat{\mu}_i) &= \beta_0 + \beta_1 X_{i1} + \beta_2 X_{i2} + \dots + \beta_p X_{ip} \end{aligned} \quad (2.3)$$

dengan μ_i merupakan rata-rata jumlah kejadian yang terjadi dalam interval waktu tertentu.

2.2.1 Estimasi Parameter Model Regresi Poisson

Salah satu metode yang digunakan untuk estimasi parameter model regresi Poisson menggunakan metode *maximum likelihood estimation* (MLE) yaitu dengan cara memaksimumkan fungsi *likelihood*. Fungsi *likelihood* dari regresi Poisson adalah sebagai berikut.

1. Mengambil n data sampel random
2. Membentuk fungsi *likelihood* dari regresi Poisson, yaitu

$$\begin{aligned}\ln L(\boldsymbol{\beta}) &= \ln \left(\prod_{i=1}^n \frac{\exp(-\mu_i) \mu_i^{y_i}}{y_i!} \right) \\ &= \sum_{i=1}^n \ln \left(\frac{\exp(-\mu_i) \mu_i^{y_i}}{y_i!} \right) \\ &= -\sum_{i=1}^n e^{\mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta}} + \sum_{i=1}^n y_i \mathbf{x}_i^T \boldsymbol{\beta} - \sum_{i=1}^n \ln(y_i!) \end{aligned} \quad (2.4)$$

Kemudian persamaan (2.4) diturunkan terhadap $\boldsymbol{\beta}^T$ yang merupakan bentuk vektor, menjadi

$$\frac{\partial \ln L(\boldsymbol{\beta})}{\partial \boldsymbol{\beta}^T} = -\sum_{i=1}^n \mathbf{X}_i \exp(\mathbf{X}_i \boldsymbol{\beta}) + \sum_{i=1}^n y_i \mathbf{X}_i \quad (2.5)$$

Persamaan (2.5) disamakan dengan nol sebagai syarat perlu, menggunakan metode iterasi Newton-Raphson. Metode ini digunakan karena jika diselesaikan dengan MLE akan menghasilkan persamaan yang tidak *close form*.

Berikut ini merupakan langkah-langkah optimisasi menggunakan metode Newton-Raphson.

1. Menentukan nilai taksiran awal parameter $\hat{\boldsymbol{\beta}}_{(0)}$. Penentuan nilai awal biasanya diperoleh dengan metode *Ordinary Least Square* (OLS), yaitu menggunakan:

$$\hat{\boldsymbol{\beta}}_{(0)} = (\mathbf{X}^T \mathbf{X})^{-1} \mathbf{X}^T \mathbf{Y} \quad (2.6)$$

dengan,

$$\mathbf{X} = \begin{bmatrix} 1 & x_{11} & \cdots & x_{p1} \\ 1 & x_{12} & \cdots & x_{p2} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & x_{1n} & \cdots & x_{pn} \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{Y} = [Y_1 \quad Y_2 \quad \cdots \quad Y_n]^T$$

2. Membentuk vektor gradien \mathbf{g}

$$\mathbf{g}^T(\boldsymbol{\beta}_{(m)})_{(p+1) \times 1} = \left[\frac{\partial \ln L(\boldsymbol{\beta})}{\partial \beta_0} \quad \frac{\partial \ln L(\boldsymbol{\beta})}{\partial \beta_1} \quad \frac{\partial \ln L(\boldsymbol{\beta})}{\partial \beta_2} \quad \cdots \quad \frac{\partial \ln L(\boldsymbol{\beta})}{\partial \beta_p} \right]_{\boldsymbol{\beta}=\boldsymbol{\beta}_{(m)}} \quad (2.7)$$

p adalah jumlah parameter yang diestimasi (variabel prediktor)

3. Membentuk matriks Hessian \mathbf{H}

$$H(\boldsymbol{\beta}) = -\sum_{i=1}^n \mathbf{x}_i \cdot \mathbf{x}_i^T \cdot \mu_i = -\sum_{i=1}^n \mu_i \cdot \mathbf{x}_i \cdot \mathbf{x}_i^T$$

$$\mathbf{H}(\boldsymbol{\beta}_{(m)})_{(p+1) \times (p+1)} = \begin{bmatrix} \frac{\partial^2 \ln L(\boldsymbol{\beta})}{\partial \beta_0^2} & \frac{\partial^2 \ln L(\boldsymbol{\beta})}{\partial \beta_0 \partial \beta_1} & \cdots & \frac{\partial^2 \ln L(\boldsymbol{\beta})}{\partial \beta_0 \partial \beta_p} \\ & \frac{\partial^2 \ln L(\boldsymbol{\beta})}{\partial \beta_1^2} & \cdots & \frac{\partial^2 \ln L(\boldsymbol{\beta})}{\partial \beta_1 \partial \beta_p} \\ & & \ddots & \vdots \\ & & & \frac{\partial^2 \ln L(\boldsymbol{\beta})}{\partial \beta_p^2} \end{bmatrix}_{\boldsymbol{\beta}=\boldsymbol{\beta}_{(m)}}$$

4. Mulai dari $m=0$ dilakukan iterasi pada persamaan :

$$\hat{\boldsymbol{\beta}}_{(m+1)} = \hat{\boldsymbol{\beta}}_{(m)} - \mathbf{H}^{-1}(\boldsymbol{\beta}_{(m)}) \mathbf{g}(\boldsymbol{\beta}_{(m)})$$

Nilai $\hat{\boldsymbol{\beta}}_{(m)}$ merupakan sekumpulan penaksir parameter yang konvergen pada iterasi ke- m .

5. Jika belum didapatkan penaksir parameter yang konvergen, maka dilanjutkan kembali langkah 2 hingga iterasi ke $m = m+1$. Iterasi berhenti pada keadaan konvergen yaitu pada

saat $\|\hat{\beta}_{(m+1)} - \hat{\beta}_{(m)}\| < \varepsilon$, dimana ε merupakan bilangan yang sangat kecil sekali.

2.2.2 Pengujian Parameter Model Regresi Poisson

Pengujian parameter model regresi Poisson bertujuan untuk menguji apakah parameter model memiliki pengaruh yang signifikan terhadap variabel respon (y) dengan hipotesis sebagai berikut.

$$H_0 : \beta_0 = \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_p$$

$$H_1 : \text{paling sedikit ada satu } \beta_j \neq 0; j = 1, 2, \dots, p$$

dengan statistik uji sebagai berikut

$$D(\hat{\beta}) = -2 \ln \left[\frac{L(\hat{\omega})}{L(\hat{\Omega})} \right] = 2 \left[\ln(L(\hat{\Omega})) - \ln(L(\hat{\omega})) \right] \quad (2.8)$$

$$\text{dengan } \ln L(\hat{\omega}) = \sum_{i=1}^n (-e^{\beta_0} + y_i \beta_0 - \ln(y_i!))$$

$$\ln L(\hat{\Omega}) = \sum_{i=1}^n (-e^{X_i^T \beta} + y_i X_i^T \beta - \ln(y_i!))$$

dimana $D(\hat{\beta})$ adalah nilai devians model regresi Poisson dan $L(\hat{\omega})$ merupakan nilai maksimum *likelihood* untuk model sederhana tanpa melibatkan variabel prediktor, $L(\hat{\Omega})$ merupakan nilai maksimum *likelihood* untuk model yang lebih lengkap dengan melibatkan variabel prediktor. Tolak H_0 jika $D(\hat{\beta}) > \chi^2_{(p, \alpha)}$ yang artinya bahwa minimal ada satu parameter yang berpengaruh secara signifikan terhadap variabel respon (y) pada model regresi Poisson.

Jika diperoleh keputusan tolak H_0 pada pengujian parameter serentak, maka selanjutnya dilakukan pengujian signifikansi secara parsial untuk mengetahui parameter mana saja yang memberikan pengaruh yang signifikan terhadap model dengan hipotesis sebagai berikut.

$$H_0 : \beta_j = 0$$

$$H_1 : \beta_j \neq 0; j=1,2,\dots,p$$

dengan statistik uji

$$Z_{hitung} = \frac{\hat{\beta}_j}{SE(\hat{\beta}_j)} \quad (2.9)$$

Tolak H_0 jika $|Z_{hitung}| > Z_{\alpha/2}$ dengan α merupakan tingkat signifikansi yang ditentukan. Tolak H_0 berarti bahwa parameter ke- j signifikan terhadap model regresi Poisson.

2.2.3 Overdispersi

Overdispersi adalah kondisi dimana nilai varians lebih besar dari nilai mean $\{Var(Y) > E(Y)\}$, yang artinya sifat *equidispersion* tidak terpenuhi. *Overdispersion* menyebabkan taksiran parameter model menjadi bias dan tidak efisien. Selain itu, *overdispersion* menyebabkan tingkat kesalahan model semakin besar dan regresi Poisson menjadi tidak sesuai. Untuk mendeteksi keberadaan *overdispersion* adalah nilai *deviance* dibagi dengan derajat bebasnya. Terjadi kasus *overdispersion* jika hasil bagi tersebut lebih besar dari 1. Misalkan θ merupakan parameter dispersi, maka jika $\theta > 0$ artinya terjadi overdispersi pada regresi Poisson, jika $\theta < 0$ artinya terjadi underdispersi dan jika $\theta = 0$ berarti tidak terjadi kasus over/under dispersi yang disebut dengan equidispersi (Famoye, Wulu & Singh, 2004).

2.3 Regresi Binomial Negatif

Model binomial negatif merupakan salah satu solusi untuk mengatasi masalah overdispersi yang didasarkan pada model campuran Poisson-Gamma (Hardin & Hilbe, 2007). Pada regresi binomial negatif, variabel respon diasumsikan berdistribusi binomial negatif yang dihasilkan dari distribusi *mixture* Poisson-Gamma. Untuk membentuk suatu model regresi pada distribusi binomial negatif, maka nilai parameter dari distribusi Poisson-Gamma *mixture* dengan $E(Y) = \mu$ dan $V[Y] = \mu + \theta\mu^2 =$

$\mu(1 + \theta\mu)$ dengan θ adalah *dispersion parameter*, dengan Y mengikuti distribusi binomial negatif. Kemudian fungsi massa peluang binomial negatif menjadi sebagai berikut.

$$f(y, \mu, \theta) = \frac{\Gamma(y+1/\theta)}{\Gamma(1/\theta)\Gamma(y!)} \left(\frac{1}{1+\theta\mu}\right)^{1/\theta} \left(\frac{\theta\mu}{1+\theta\mu}\right)^y \quad (2.10)$$

saat $\theta = 0$ maka distribusi binomial negatif memiliki varians $V[Y] = \mu$ yang artinya distribusi binomial negatif akan mendekati suatu distribusi Poisson yang mengasumsikan mean dan varians sama yaitu $E[Y] = V[Y] = \mu$.

Kontribusi variabel prediktor dalam model regresi binomial negatif dinyatakan dalam bentuk kombinasi linier antara paramter (μ) dengan parameter regresi yang akan ditaksir yaitu:

$$\mu_i = \exp(\beta_0 + \sum_{j=1}^p \beta_j x_{ij}) \quad (2.11)$$

2.3.1 Estimasi Parameter Model Regresi Binomial Negatif

Estimasi parameter model regresi binomial negatif menggunakan metode *maximum likelihood estimation* (MLE) yaitu dengan cara memaksimumkan fungsi *likelihood* (Hilbe, 2011). Fungsi *likelihood* dari regresi binomial negatif yaitu.

$$L(\beta, \theta) = \prod_{i=1}^n \frac{\Gamma(y_i + 1/\theta)}{\Gamma(1/\theta)\Gamma(y_i + 1)} \left(\frac{1}{1 + \theta\mu_i}\right)^{1/\theta} \left(\frac{\theta\mu_i}{1 + \theta\mu_i}\right)^{y_i}$$

$$L(\beta, \theta) = \sum_{i=1}^n \left\{ y_i (\mathbf{X}_i \boldsymbol{\beta}) + \left(\frac{1}{\theta}\right) \ln(1 - \exp(\mathbf{X}_i' \boldsymbol{\beta})) + \ln \Gamma(y_i + \frac{1}{\theta}) - \ln \Gamma(y_i + 1) - \ln \Gamma(\frac{1}{\theta}) \right\} \quad (2.12)$$

Berikut ini merupakan langkah-langkah dalam estimasi parameter model regresi binomial negatif (Cameron & Trivedi, 1998):

1. Menentukan taksiran awal dari θ yaitu $\hat{\theta}_i = 0,001$
2. Menentukan taksiran maksimum *likelihood* dari parameter β menggunakan iterasi Fisher scoring dengan asumsi $\theta = \hat{\theta}_1$

$$\hat{\beta}_{(m+1)} = \hat{\beta}_m + (X^T W_i X)^{-1} X^T W_i z_i$$

$$\text{dimana } w_i = \frac{\mu_i}{1 + \theta \mu_i} \text{ dan } z_i = \frac{(y_i - \mu_i)}{\mu_i}$$

Iterasi berakhir sampai diperoleh $\|\hat{\beta}_{m+1} - \hat{\beta}_m\| \leq \varepsilon$

3. Menggunakan $\hat{\beta}$ untuk menghasilkan estimasi dari parameter θ dengan menggunakan prosedur iterasi Newton-Raphson satu variabel,

$$\hat{\theta}_{m+1} = \hat{\theta}_i - \frac{f'(\theta_m)}{f''(\theta_m)}$$

dimana $f'(\theta_i)$ adalah turunan pertama fungsi likelihood $L(\beta, \theta)$ terhadap parameter θ dan $f''(\theta_m)$ adalah turunan kedua fungsi likelihood $L(\beta, \theta)$ terhadap parameter θ .

Iterasi berakhir sampai diperoleh $|\hat{\theta}_{m+1} - \hat{\theta}_m| < \varepsilon$; ε merupakan nilai bilangan positif yang sangat kecil. Jika tidak, maka kembali ke langkah 2 dengan menggunakan parameter $\theta = \hat{\theta}_{m+1}$.

2.3.2 Pengujian Parameter Model Regresi Binomial Negatif

Uji kesesuaian model regresi binomial negatif dengan uji devians dengan hipotesis sebagai berikut.

$$H_0 : \beta_0 = \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_p$$

$$H_1 : \text{paling sedikit ada satu } \beta_j \neq 0 ; j = 1, 2, \dots, p$$

Statistik Uji:

$$D(\hat{\beta}) = -2 \ln \left[\frac{L(\hat{\omega})}{L(\hat{\Omega})} \right] = 2 \left[\ln(L(\hat{\Omega})) - \ln(L(\hat{\omega})) \right]$$

$$D(\hat{\beta}) = 2 \sum \left\{ y_i \ln \left(\frac{y_i}{\mu_i} \right) - \left(\frac{1}{\theta} + y_i \right) \ln \left(\frac{1 + \theta y_i}{1 + \theta \mu_i} \right) \right\} \quad (2.13)$$

Kriteria penolakan yaitu tolak H_0 jika statistik uji $D(\hat{\beta}) > \chi^2_{(p, \alpha)}$ artinya paling sedikit ada satu variabel yang memberikan pengaruh pada model

Pengujian signifikansi secara parsial dilakukan untuk mengetahui parameter manasaja yang memberikan pengaruh yang signifikan terhadap model dengan hipotesis sebagai berikut.

$$H_0 : \beta_j = 0$$

$$H_1 : \beta_j \neq 0 ; j=1,2,\dots,p$$

Statistikuji:

$$Z_{hitung} = \frac{\hat{\beta}_j}{SE(\hat{\beta}_j)} \quad (2.14)$$

Kriteria penolakan yaitu tolak H_0 jika statistik uji $|Z_{hitung}| > Z_{\alpha/2}$ artinya bahwa parameter ke- j signifikan terhadap model regresi binomial negatif.

2.4 Pengujian Spasial

Analisis spasial dilakukan jika data yang digunakan memenuhi aspek spasial yaitu adanya heterogenitas spasial dan atau memiliki sifat yang saling berkorelasi (dependensi spasial). Heterogenitas merujuk pada variasi yang terdapat di setiap lokasi. Setiap lokasi memiliki kekhasan atau karakteristik sendiri dibandingkan dengan lokasi lainnya. Heterogenitas spasial disebabkan oleh kondisi unit-unit spasial di dalam suatu wilayah penelitian yang pada dasarnya tidaklah homogen. Dampaknya parameter regresi bervariasi secara spasial atau nonstasioneritas spasial pada parameter regresi. Dependensi spasial menunjukkan bahwa pengamatan di suatu lokasi bergantung pada pengamatan di lokasi lain yang letaknya berdekatan (Anselin, 1998).

2.4.1 Pengujian Heterogenitas Spasial

Pengujian heterogenitas spasial digunakan untuk melihat perbedaan karakteristik antara satu titik pengamatan dengan titik pengamatan lainnya menyebabkan adanya heterogenitas spasial. Untuk melihat adanya heterogenitas spasial pada data dapat dilakukan pengujian *Breusch-Pagan* (Anselin, 1998) dengan hipotesis sebagai berikut.

$H_0 : \sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \dots = \sigma_n^2 = \sigma^2$ (variansi antar lokasi sama)

$H_1 : \text{Minimal ada satu } \sigma_i^2 \neq \sigma^2, i=1,2,\dots,n$ (variansi antar lokasi berbeda)

dengan statistik uji *Breusch-Pagan* (BP) adalah sebagai berikut.

$$BP = \left(\frac{1}{2}\right) \mathbf{f}^T \mathbf{Z}(\mathbf{Z}^T \mathbf{Z})^{-1} \mathbf{Z}^T \mathbf{f} \quad (2.15)$$

dimana

$$e_i = y_i - \hat{y}_i$$

$$\mathbf{f} = (f_1, f_2, \dots, f_n)^T \text{ dengan } f_i = \frac{e_i^2}{\hat{\sigma}^2} - 1$$

$$\hat{\sigma}^2 = n^{-1} \sum_{i=1}^n e_i^2$$

e_i^2 = kuadrat sisaan untuk pengamatan ke- i

\mathbf{Z} = matriks berukuran $n \times (p+1)$ yang berisi vektor yang sudah di normal bakukan (z) untuk setiap pengamatan.

Kriteria penolakan yaitu tolak H_0 jika statistik uji BP $> \chi^2_{(\alpha,p)}$ yang artinya adalah variansi antar lokasi berbeda.

2.4.2 Pengujian Dependensi Spasial

Pengujian dependensi spasial digunakan untuk melihat apakah pengamatan pada suatu lokasi bergantung pada lokasi pengamatan lain yang letaknya berdekatan. Statistik uji yang digunakan dalam autokorelasi spasial adalah Moran's I. Moran's I adalah ukuran hubungan antara pengamatan yang saling berdekatan (Anselin, 1998). Hipotesis yang digunakan sebagai berikut.

$H_0 : I = 0$ (tidak ada dependensi spasial)

$H_1 : I \neq 0$ (ada dependensi spasial)

dengan statistik uji Moran's I sebagai berikut

$$Z_{Ihitung} = \frac{\hat{I} - E(\hat{I})}{\sqrt{Var(\hat{I})}} \quad (2.16)$$

dimana

$$\hat{I} = \frac{n \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^n W_{ik} (y_i - \bar{y})(y_k - \bar{y})}{\left(\sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^n W_{ik} \right) \sum (y_i - \bar{y})^2}$$

n = banyak pengamatan

\bar{y} = nilai rata-rata dari y_i dari n lokasi

y_i = nilai pengamatan pada lokasi ke- i

y_k = nilai pengamatan pada lokasi ke- k

w_{ik} = elemen matriks pembobot kernel *fixed Gaussian*

Kriteria penolakan yaitu tolak H_0 jika nilai $|Z_{hitung}| > Z_{\alpha/2}$

yang artinya terdapat dependensi spasial.

2.4.3 Penentuan *Bandwidth* dan Pembobot Optimum

Faktor pembobot untuk setiap lokasi berbeda-beda. Fungsi pembobot yang digunakan adalah fungsi kernel *fixed gaussian* yang dapat ditulis sebagai berikut.

$$w_{ik} = \exp \left(- \left(\frac{d_{ik}}{b} \right)^2 \right) \quad (2.17)$$

dengan

$$d_{ik} = \sqrt{(u_i - u_k)^2 + (v_i - v_k)^2} \quad (2.18)$$

b = nilai bandwidth optimum pada tiap lokasi

Pemilihan bandwidth optimum sangat penting karena akan mempengaruhi ketepatan model terhadap data yaitu mengatur varians dan bias dari model. Dalam menentukan bandwidth optimum tidak mudah, sehingga digunakan kriteria minimum *cross validation* (CV) yang dirumuskan sebagai berikut.

$$CV(b) = \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_{\neq i}(b_i))^2 \quad (2.19)$$

$\hat{y}_{\neq i}(b_i)$ merupakan penaksir y_i dimana pengamatan lokasi (u_i, v_i) dihilangkan dalam proses estimasi.

2.5 *Geographically Weighted Negative Binomial Regression (GWNBR)*

Model *geographically weighted negative binomial regression* (GWNBR) merupakan salah satu metode yang cukup efektif menduga data yang memiliki heterogenitas spasial untuk data *count* yang memiliki overdispersi. Model GWNBR merupakan pengembangan dari model regresi binomial negatif. Model GWNBR akan menghasilkan parameter lokal dengan masing-masing lokasi akan memiliki parameter yang berbeda-beda. Model GWNBR dapat dirumuskan sebagai berikut (Ricardo & Carvalho, 2013).

$$y_i \sim NB \left[\exp \left(\sum_{j=0}^p \beta_j(u_i, v_i) x_{ij} \right), \theta(u_i, v_i) \right]$$

dimana,

y_i : Nilai observasi respon ke- i

x_{ij} : nilai observasi variabel prediktor ke- j pada pengamatan lokasi (u_i, v_i)

$\beta_j(u_i, v_i)$: koefisien regresi variabel prediktor ke- k untuk setiap lokasi (u_i, v_i)

$\theta(u_i, v_i)$: parameter dispersi untuk setiap lokasi (u_i, v_i)

Fungsi sebaran binomial negatif untuk setiap lokasi berdasarkan persamaan (2.20) dapat ditulis dalam bentuk persamaan sebagai berikut.

$$f(y_i | x_{ij} \beta_{ij}(u_i, v_i), \theta(u_i, v_i)) = \frac{\Gamma(y_i + 1/\theta_i)}{\Gamma(1/\theta_i) \Gamma(y_i + 1)} \left(\frac{1}{1 + \theta_i \mu_i} \right)^{1/\theta_i} \left(\frac{\theta_i \mu_i}{1 + \theta_i \mu_i} \right)^{y_i} \quad (2.20)$$

dengan $i=1,2,\dots,n$

dimana, $\mu_i = \exp(\mathbf{X}_i^T \boldsymbol{\beta}(u_i, v_i))$

$\theta_i = \theta(u_i, v_i)$

2.5.1 Estimasi Parameter Model GWNBR

Estimasi parameter model GWNBR menggunakan metode *maximum likelihood estimation*. Langkah awal dari metode maksimum *likelihood* adalah membentuk fungsi *likelihood* sebagai berikut.

$$L(\boldsymbol{\beta}(u_i, v_i), \theta_i(u_i, v_i)) = \prod_{i=1}^n \frac{\Gamma(y_i + 1/\theta_i)}{\Gamma(1/\theta_i)\Gamma(y_i + 1)} \left(\frac{1}{1 + \theta_i \mu_i} \right)^{1/\theta_i} \left(\frac{\theta_i \mu_i}{1 + \theta_i \mu_i} \right)$$

$$L(\boldsymbol{\beta}(u_i, v_i), \theta_i(u_i, v_i)) = \sum_{i=1}^n \left\{ y_i (\mathbf{X}_i' \boldsymbol{\beta}) + \left(\frac{1}{\theta_i} \right) \ln(1 - \mu_i) + \ln \Gamma(y_i + \frac{1}{\theta_i}) - \ln \Gamma(y_i + 1) - \ln \Gamma\left(\frac{1}{\theta_i}\right) \right\}$$

Proses pendugaan parameter diperoleh melalui metode iterasi numerik yaitu iterasi Newton-Raphson. Metode ini digunakan untuk menemukan solusi dari fungsi log-*likelihood* sehingga diperoleh nilai yang cukup konvergen yang akan dijadikan estimasi untuk masing-masing parameter. Berikut ini merupakan langkah-langkah optimisasi menggunakan metode Newton-Raphson.

1. Menentukan nilai taksiran awal parameter $\hat{\boldsymbol{\beta}}_{(0)} = [\theta_0 \beta_{00} \dots \beta_{p0}]$ untuk iterasi pada saat $m=0$
 2. Membentuk vektor \mathbf{g}
- $$\mathbf{g}^T(\boldsymbol{\beta}_{(m)})_{(p+1) \times 1} = \left[\frac{\partial \ln L(\boldsymbol{\beta})}{\partial \theta} \frac{\partial \ln L(\boldsymbol{\beta})}{\partial \beta_0} \frac{\partial \ln L(\boldsymbol{\beta})}{\partial \beta_1} \frac{\partial \ln L(\boldsymbol{\beta})}{\partial \beta_2} \dots \frac{\partial \ln L(\boldsymbol{\beta})}{\partial \beta_p} \right]$$

Dengan p adalah jumlah parameter yang ditaksir.

3. Membentuk matriks Hessian \mathbf{H} , persamaan (2.21)
4. Melakukan iterasi mulai dari $m=0$ pada persamaan :
$$\hat{\boldsymbol{\beta}}_{(m+1)} = \hat{\boldsymbol{\beta}}_{(m)} - \mathbf{H}_{(m)}^{-1}(\hat{\boldsymbol{\beta}}_{(m)}) \mathbf{g}_{(m)}(\hat{\boldsymbol{\beta}}_{(m)})$$
5. Proses iterasi berhenti jika nilai estimasi yang diperoleh sudah konvergen ke suatu nilai, atau $\hat{\boldsymbol{\beta}}_{(m+1)} \approx \hat{\boldsymbol{\beta}}_{(m)}$

$$\begin{aligned}
H(\hat{\beta}_{(m)})_{(p+2) \times (p+2)} = & \left[\begin{array}{cccc} \frac{\partial^2 \ln L(.)}{\partial \theta_i^2} & \frac{\partial^2 \ln L(.)}{\partial \theta_i \partial \beta_0} & \cdots & \frac{\partial^2 \ln L(.)}{\partial \theta_i \partial \beta_p} \\ & \frac{\partial^2 \ln L(.)}{\partial \beta_0^2} & \cdots & \frac{\partial^2 \ln L(.)}{\partial \beta_0 \partial \beta_p} \\ & & \ddots & \vdots \\ \text{simetris} & & & \frac{\partial^2 \ln L(.)}{\partial \beta_p^2} \end{array} \right]_{\beta = \hat{\beta}_{(m)}} \quad (2.21)
\end{aligned}$$

6. Jika penaksir parameter belum konvergen, maka lakukan pada langkah kedua hingga konvergen. Penaksir parameter yang konvergen diperoleh jika $\|\beta_{(m+1)} - \beta_{(m)}\| < \varepsilon$, ε merupakan bilangan yang sangat kecil.

2.5.2 Pengujian Kesamaan Model GWNBR

Pengujian kesamaan model GWNBR dengan regresi binomial negatif dilakukan untuk melihat terdapat perbedaan yang signifikan atau tidak antara model GWNBR dengan regresi binomial negatif dengan hipotesis sebagai berikut.

$$H_0 : \beta_j(u_i, v_i) = \beta_j \quad j=0,1,2,\dots,p ; i=1,2,\dots,n$$

$$H_1 : \beta_j(u_i, v_i) \neq \beta_j$$

Statistikuji :

$$F_{hit} = \frac{\text{devians Model A} / df_A}{\text{devians Model B} / df_B} \quad (2.22)$$

Dimisalkan model A adalah model binomial negatif dan model B adalah model GWNBR yang mengikuti distribusi F dengan derajat bebas df_A dan df_B . Tolak H_0 jika $F_{hit} > F_{(\alpha, df_A, df_B)}$ yang artinya bahwa ada perbedaan yang signifikan antara model binomial negatif dengan model GWNBR, sehingga perlu dilakukan pengujian parameter model GWNBR serentak dan parsial.

2.5.3 Pengujian Parameter Model GWNBR

Pengujian signifikansi parameter model GWNBR terdiri dari uji serentak dan parsial. Uji signifikansi secara serentak dengan

menggunakan *maximum likelihood ratio test* (MLRT) dengan hipotesis sebagai berikut.

$$H_0 : \beta_1(u_i, v_i) = \beta_2(u_i, v_i) = \dots = \beta_p(u_i, v_i) = 0$$

$$H_1 : \text{paling sedikit ada satu } \beta_j(u_i, v_i) \neq 0 ; j = 1, 2, \dots, p$$

Statistik Uji:

$$D(\hat{\beta}) = -2 \ln \left[\frac{L(\hat{\omega})}{L(\hat{\Omega})} \right] = 2 \left[\ln(L(\hat{\Omega})) - \ln(L(\hat{\omega})) \right]$$

$$D(\hat{\beta}) = 2 \sum \left\{ y_i \ln \left(\frac{y_i}{\mu_i} \right) - \left(\frac{1}{\theta_i} + y_i \right) \ln \left(\frac{1 + \theta_i y_i}{1 + \theta_i} \right) \right\} \quad (2.23)$$

$$\text{dengan } \hat{\mu}_i = \exp \left(\sum_{j=0}^p \hat{\beta}_j(u_i, v_i) x_{ij} \right)$$

Kriteria penolakan yaitu Tolak H_0 jika statistik uji $D(\hat{\beta}) > \chi^2_{(p, \alpha)}$

Pengujian signifikansi secara parsial untuk mengetahui parameter mana saja yang memberikan pengaruh yang signifikan terhadap variabel s pada tiap-tiap lokasi dengan hipotesis sebagai berikut.

$$H_0 : \beta_j(u_i, v_i) = 0$$

$$H_1 : \beta_j(u_i, v_i) \neq 0 ; j=1, 2, \dots, p$$

Statistik uji:

$$Z_{hitung} = \frac{\hat{\beta}_j(u_i, v_i)}{SE(\hat{\beta}_j(u_i, v_i))} \quad (2.24)$$

Kriteria penolakan adalah tolak H_0 jika statistik uji $|Z_{hitung}| > Z_{\alpha/2}$

yang berarti bahwa parameter j berpengaruh signifikan terhadap variabel respon di lokasi pada tiap lokasi.

2.6 *Pneumonia*

Pneumonia merupakan salah satu penyakit yang termasuk infeksi saluran pernapasan. *Pneumonia* yaitu terjadi peradangan atau iritasi pada salah satu atau kedua paru yang disebabkan oleh infeksi (Machmud, 2006). Penyakit ini umumnya terjadi pada anak-anak dengan ciri-ciri adanya demam, batuk disertai nafas

cepat atau sesak nafas. Secara etiologi, *pneumonia* dibedakan berdasarkan agen penyebab infeksi, baik itu bakteri, virus maupun parasit. Pada umumnya terjadi akibat adanya infeksi bakteri *pneumokokus* (*Streptococcus Pneumoniae*). Beberapa penelitian menemukan bahwa kuman ini menyebabkan *pneumonia* hampir pada semua kelompok umur dan paling banyak terjadi di negara-negara berkembang (Machmud, 2006).

Kejadian *pneumonia* pada balita diperlihatkan dengan adanya ciri-ciri demam, batuk, pilek disertai sesak nafas dan trikan dinding dada bagian bawah kedalam, serta sianosis pada infeksi yang berat. Tarikan dinding bagian bawah kedalam terjadi karena gerakan paru yang mengurang atau *decreased lung compliance* akibat infeksi *pneumonia* yang berat. Faktor risiko yang meningkatkan kematian akibat *pneumonia* adalah umur, jenis kelamin, tingkat sosial ekonomi rendah, gizi kurang, berat badan lahir rendah, tingkat pendidikan ibu, tingkat jangkauan pelayanan kesehatan, kepadatan rumah dan polusi udara.

2.7 Penelitian Sebelumnya

Penelitian mengenai ISPA sudah dilakukan oleh Hidayah (2014) di Kabupaten Gresik dengan metode statistik *geographically weighted regression* (GWR). Variabel prediktor yang digunakan dalam penelitian tersebut yaitu jumlah industri besar, jumlah industri sedang, jumlah puskesmas, persentase rumah sehat, persentase rumah tangga berperilaku hidup bersih dan sehat, persentase kepadatan penduduk, persentase balita gizi buruk dan persentase balita yang mendapat ASI eksklusif. Proporsi kasus ISPA bagian atas pada balita sebagai variabel respon. Berdasarkan hasil penelitian variabel yang signifikan untuk tiap kecamatan terbentuk pengelompokkan kecamatan yang memiliki kesamaan variabel yang berpengaruh terdapat 7 kelompok yang terbentuk. Pada kelompok kecamatan pertama tidak ada variabel yang signifikan. Metode yang digunakan merupakan metode GWR dimana kelemahan metode GWR adalah jika variabel

prediktor yang digunakan merupakan jumlah maka metode GWR tidak cocok untuk data tersebut (Ricardo & Carvalho, 2013).

Penelitian lain mengenai *pneumonia* telah dilakukan oleh Maghfiroh (2015) di Kota Surabaya dengan menggunakan metode *geographically weighted Poisson regression* dan *flexibly shapes spatial scan statistics*. Variabel prediktor yang digunakan dalam penelitian tersebut adalah persentase balita gizi buruk, persentase balita yang mendapatkan suplementasi vitamin A dua kali, persentase cakupan pelayanan anak balita, kepadatan penduduk, persentase rumah tangga yang berperilaku hidup bersih dan sehat (PHBS), persentase rumah sehat dan persentase rumah tangga miskin. Berdasarkan hasil penelitian, variabel yang signifikan untuk tiap kecamatan yang memiliki kesamaan variabel yang berpengaruh terbentuk 11 kelompok.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Sumber Data

Sumber data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder mengenai penyakit *pneumonia* di Kota Padang pada tahun 2014 beserta faktor-faktor yang mempengaruhinya yang diperoleh melalui data profil kesehatan di Dinas Kesehatan Kota Padang dan data demografi di Badan Pusat Statistik Provinsi Sumatera Barat. Jumlah lokasi penelitian yang digunakan adalah sebanyak 11 kecamatan.

3.2 Variabel Penelitian

Variabel-variabel yang digunakan dalam penelitian ini terbagi menjadi 2 yaitu variabel respon (Y) dan variabel prediktor (X) dengan unit yang diteliti adalah tiap kecamatan di Kota Padang tahun 2014. Variabel prediktor yang digunakan merupakan referensi yang dibaca dan dari penelitian sebelumnya. Penjelasan masing-masing variabel adalah sebagai berikut.

1. Jumlah kasus *pneumonia* di tiap kecamatan di Kota Padang (Y)
2. Kepadatan Penduduk (X_1)

Variabel prediktor kepadatan penduduk merupakan rujukan dari penelitian Rustiyanto (2012). Kepadatan penduduk merupakan hasil bagi dari jumlah penduduk terhadap luas wilayah di tiap kecamatan di Kota Padang dalam satuan (jiwa/km²).

3. Persentase rumah tangga yang berperilaku hidup bersih dan sehat (PHBS) (X_2)

Variabel prediktor persentase rumah tangga yang berperilaku hidup bersih dan sehat merupakan rujukan dari penelitian Sulistyowati (2010). Persentase rumah tangga yang berperilaku hidup bersih dan sehat merupakan hasil bagi dari jumlah rumah tangga yang berperilaku hidup bersih dan sehat terhadap jumlah rumah tangga di tiap kecamatan di Kota Padang dikalikan dengan 100%.

4. Persentase bayi yang mendapat ASI eksklusif (X_3)
Variabel prediktor persentase bayi yang mendapat ASI eksklusif merupakan rujukan dari penelitian Yandofa (2012). Persentase bayi yang mendapat ASI eksklusif merupakan hasil bagi antara jumlah bayi yang mendapat ASI eksklusif terhadap jumlah bayi di tiap kecamatan dikalikan 100%. ASI eksklusif adalah pemberian ASI sedini mungkin setelah persalinan, diberikan tanpa jadwal dan tidak diberi makanan lain sampai bayi berumur 6 bulan.
5. Persentase balita gizi buruk (X_4)
Variabel prediktor persentase balita gizi buruk merupakan rujukan dari Machmud (2006). Persentase balita gizi buruk merupakan hasil bagi antara jumlah balita gizi buruk terhadap jumlah balita di tiap kecamatan dikalikan 100%.
6. *Particulate matter* (PM10) (X_5)
Variabel prediktor *particulate matter* merupakan rujukan dari Marpaung (2014). *Particulate matter* (PM10) adalah partikel padat atau cair yang ditemukan di udara baik yang ukuran besar atau cukup gelap dapat dilihat yang disebut sebagai jelaga atau asap. PM10 partikel udara yang berukuran lebih kecil dari 10 mikron (mikrometer) dengan satuan pengukuran $\mu\text{gr}/\text{m}^3$.
7. Lintang (longitude) kecamatan ke- i (u_i)
8. Bujur (latitude) kecamatan ke- i (v_i)

Tabel 3.1 Struktur Data Penelitian

Kecamatan	u_i	v_i	Y	X_1	X_2	...	X_5
1	u_1	v_1	y_1	x_{11}	x_{21}	...	x_{51}
2	u_2	v_2	y_2	x_{12}	x_{22}	...	x_{52}
3	u_3	v_3	y_3	x_{13}	x_{23}	...	x_{53}
\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\ddots	\vdots
11	u_{11}	v_{11}	Y_{11}	$X_{1;11}$	$x_{2;11}$...	$X_{5;11}$

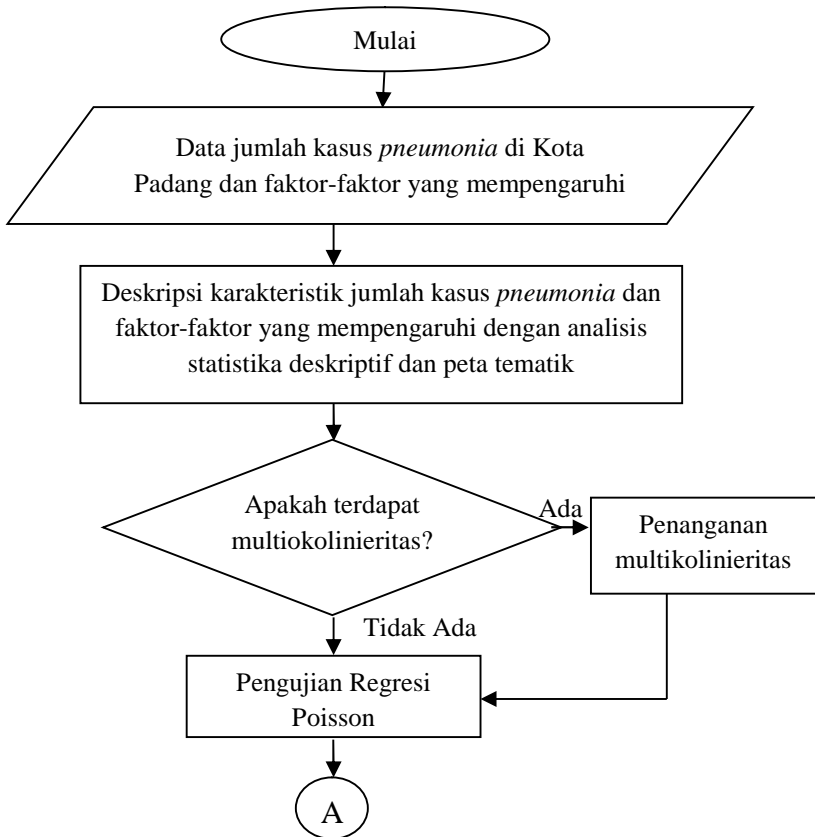
3.3 Langkah Analisis

Langkah analisis yang dilakukan dalam penelitian ini yang didasarkan pada tujuan penelitian adalah sebagai berikut.

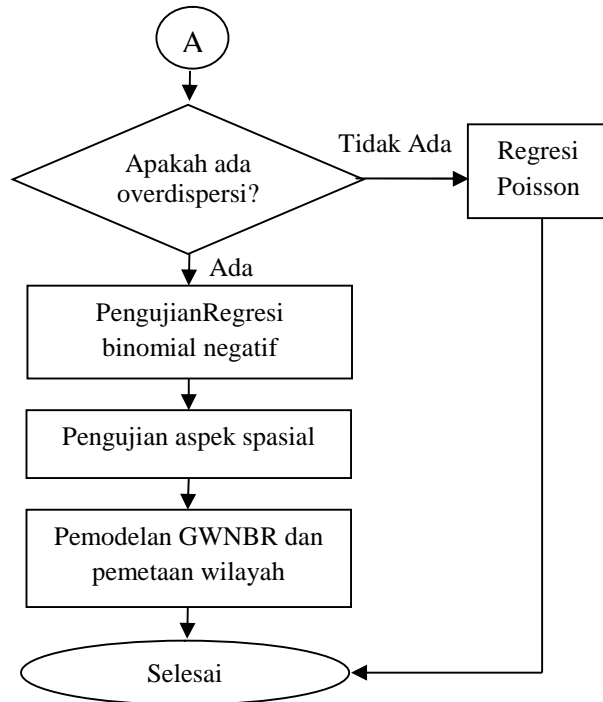
1. Mendeskripsikan karakteristik jumlah kasus *pneumonia* di Kota Padang pada tahun 2014 menggunakan pemetaan wilayah untuk masing-masing variabel.
2. Pengujian kasus multikolinieritas berdasarkan kriteria korelasi dan VIF pada persamaan (2.1)
3. Menganalisis regresi Poisson pada persamaan (2.3)
4. Pengujian overdispersi.
5. Menganalisis regresi binomial negatif pada persamaan (2.11)
6. Pengujian spasial dengan Uji *Breusch-Pagan* pada persamaan (2.15) untuk melihat heterogenitas spasial data dan uji Moran's I pada persamaan (2.16) untuk menguji dependensi spasial data.
7. Memodelkan GWNBR untuk kasus pneumonia di Kota Padang pada tahun 2014, dengan langkah-langkah sebagai berikut.
 - a. Menghitung jarak euclidean pada persamaan (2.18) antar lokasi pengamatan berdasarkan posisi geografis.
 - b. Mendapatkan bandwidth optimal untuk setiap lokasi pengamatan dengan menggunakan Cross Validation (CV) pada persamaan (2.19)
 - c. Menghitung matrik pembobot dengan menggunakan fungsi kernel *Fixed Gaussian* pada Persamaan (2.17)
 - d. Melakukan pengujian kesamaan model GWNBR dengan regresi binomial negatif, pengujian signifikansi parameter model secara serentak maupun parsial.
 - e. Melakukan intepretasi model GWNBR yang didapatkan dan membentuk peta pengelompokkan.

3.3 Diagram Alir

Berdasarkan langkah analisis dapat disajikan pada Gambar 3.1



Gambar 3.1 Diagram Alir



Gambar 3.1 (Lanjutan)

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB IV

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini membahas analisis dan pembahasan dalam penyelesaian permasalahan yang telah dipaparkan sebelumnya.

4.1 Deskripsi dan Pemetaan Variabel Penelitian

Data yang digunakan merupakan data jumlah kasus *pneumonia* di Kota Padang tahun 2014 beserta faktor-faktor yang diduga mempengaruhinya. Data yang digunakan tersebut dideskripsikan berdasarkan nilai rata-rata, varians, minimum dan maksimum. Tabel 4.1 menunjukkan statistika deskriptif dari kasus *pneumonia* beserta faktor-faktor yang mempengaruhinya. Rata-rata kasus *pneumonia* di Kota Padang tahun 2014 sebesar 817 kasus, dengan jumlah kasus *pneumonia* tertinggi di Kecamatan Koto Tangah yaitu sebanyak 1763 kasus sedangkan kasus yang terendah di Kecamatan Bungus Teluk Kabung dengan banyak kasus yaitu 247 kasus.

Rata-rata pada variabel kepadatan penduduk (X_1) di Kota Padang sebesar 4234 jiwa/km², dengan varians yang cukup besar 13020635 yang artinya keragaman kepadatan penduduk di tiap kecamatan di Kota Padang sangat beragam. Kepadatan penduduk tertinggi yaitu sebesar 9789 jiwa/km² di Kecamatan Padang Timur, dimana Kecamatan Padang Timur merupakan pusat kota dan pusat perkantoran. Kepadatan penduduk terendah yaitu sebesar 239 jiwa/km² di Kecamatan Bungus. Rata-rata rumah tangga yang berperilaku hidup bersih dan sehat (X_2) yaitu sebesar 67,825%, lebih dari 50% rumah tangga yang dipantau telah berperilaku hidup bersih dan sehat. Persentase rumah tangga yang berperilaku hidup bersih dan sehat tertinggi di Kecamatan Padang Timur dengan persentase sebesar 74,238% dan persentase terendah rumah tangga yang berperilaku hidup bersih dan sehat di Kecamatan Lubuk Kilangan. Rata-rata persentase variabel pemberian ASI eksklusif (X_3) yaitu 75,63%, jumlah tersebut sudah

cukup tinggi karena lebih dari setengah bayi yang berumur 0-6 bulan telah diberi ASI eksklusif. Persentase pemberian ASI eksklusif tertinggi di Kecamatan Padang Barat sedangkan persentase terendah di Kecamatan Koto Tangah.

Tabel 4.1 Statistika Deskriptif Variabel Penelitian

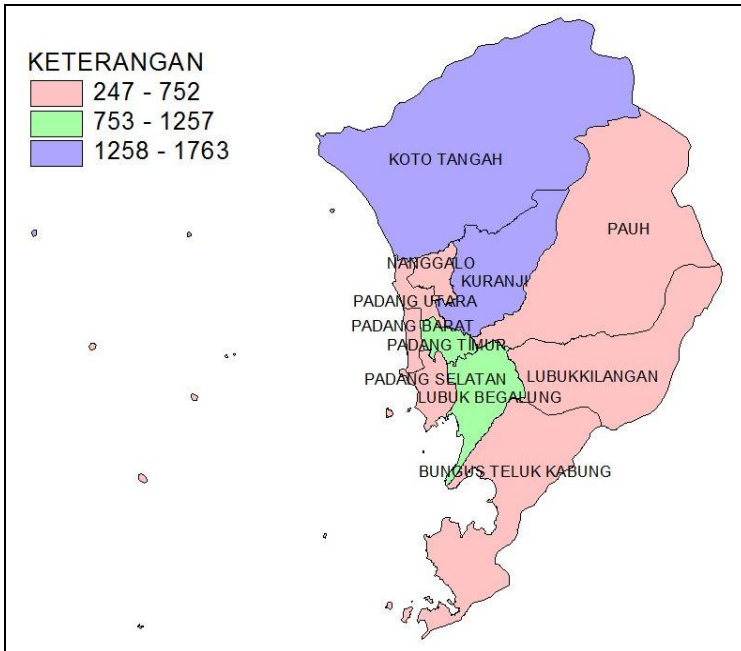
Variabel	Rata-rata	Varsians	Minimum	Maksimum
Jumlah kasus <i>pneumonia</i>	817	197366	247	1763
Kepadatan penduduk	4234	13020635	239	9789
Persentase rumah tangga ber-PHBS	67,825	8,938	62,823	74,238
Persentase pemberian ASI eksklusif	75,63	52,39	58,01	83,82
Persentase balita gizi buruk	12,28	53,62	3,29	30,21
<i>Particulate matter (PM10)</i>	213,1	22026	35,5	514,1

Variabel persentase gizi buruk (X_4) tertinggi di Kecamatan Bungus sedangkan persentase gizi buruk terendah di Kecamatan Koto Tangah dengan rata-rata sebesar 12,28%. Rata-rata variabel *particulate matter* (PM10) sebesar 213,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, angka ini melebihi batas kualitas udara yang sehat yaitu 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. *Particulate matter* (PM10) tertinggi di Kecamatan Padang Selatan sedangkan kualitas udara (PM10) terendah di Kecamatan Bungus.

Pemetaan jumlah kasus *pneumonia* dan faktor-faktor yang mempengaruhinya di Kota Padang tahun 2014 dalam bentuk peta tematik menggunakan *Arcview GIS 3.3*. Berikut hasil pemetaan dari masing-masing variabel yang digunakan dalam penelitian.

4.1.1 Jumlah Kasus *Pneumonia* (Y)

Penyakit *pneumonia* merupakan salah satu penyakit yang menyebabkan kematian pada balita. Kota Padang merupakan salah satu kota di Sumatera Barat dengan jumlah kasus *pneumonia* tertinggi pada tahun 2014.



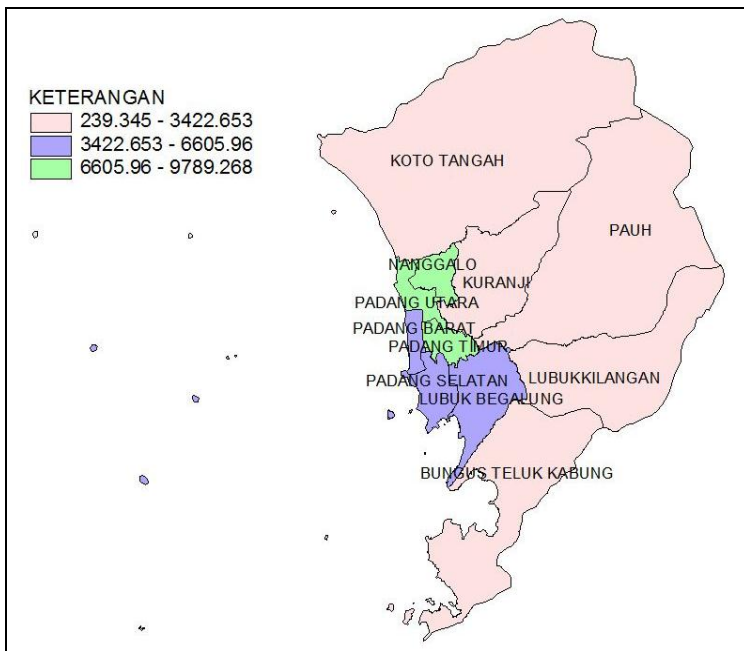
Gambar 4.1 Persebaran Jumlah Kasus *Pneumonia* di Kota Padang (Y)

Gambar 4.1 menunjukkan persebaran kecamatan di Kota Padang berdasarkan data jumlah kasus *pneumonia*. Jumlah kasus *pneumonia* terendah ditunjukkan dengan warna merah muda yaitu berkisar antara 247-752 kasus yang menyebar di Kecamatan Bungus Teluk Kabung, Pauh, Lubuk Kilangan, Nanggalo, Padang Utara, Padang Barat dan Padang Selatan. Kecamatan Padang Timur dan Lubuk Begalung tergolong pada jumlah kasus *pneumonia* sedang dengan kisaran kasus antara 753-1257 kasus, se-

dangkan warna biru menunjukkan jumlah kasus *pneumonia* tertinggi yang terletak di 3 kecamatan yaitu Kecamatan Koto Tangah dan Kuranji.

4.1.2 Kepadatan Penduduk (X_1)

Kepadatan penduduk adalah perbandingan antara jumlah penduduk dengan luas wilayahnya. Kepadatan penduduk merupakan salah satu faktor yang diduga mempengaruhi jumlah kasus *pneumonia*.



Gambar 4.2 Persebaran Kepadatan Penduduk di Kota Padang (X_1)

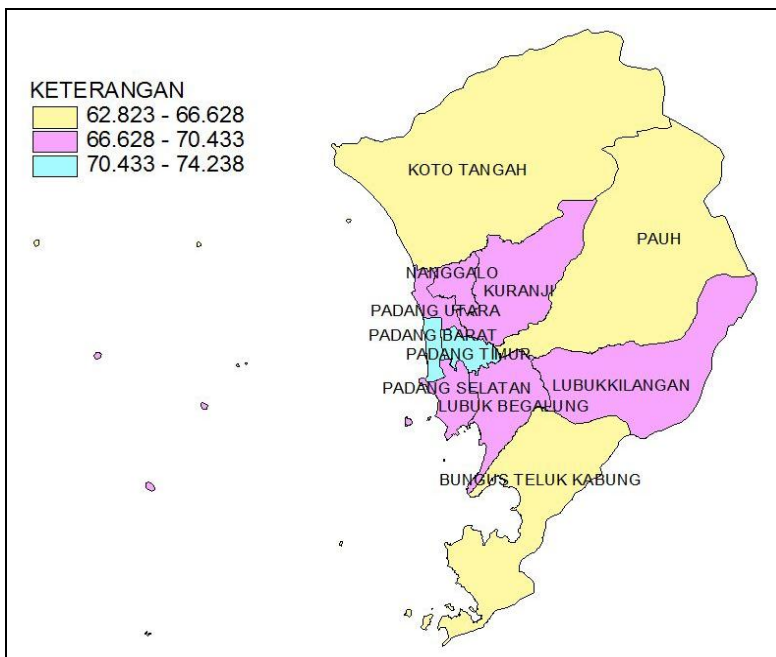
Persebaran kepadatan penduduk di Kota Padang ditunjukkan pada Gambar 4.2. Kepadatan penduduk berkisar 239,345-3422,653 yang tergolong kepadatan penduduk rendah. Wilayah

kecamatan yang tergolong kepadatan penduduk rendah adalah Koto Tangah, Pauh, Kuranji, Lubuk Kilangan dan Bungus Teluk Kabung. Secara visual terlihat bahwa wilayah tersebut lebih luas dibandingkan dengan wilayah lainnya. Pada wilayah tersebut masih banyak terdapat lahan kosong yang tidak digunakan sebagai tempat tinggal. Kepadatan penduduk tertinggi ditunjukkan oleh warna hijau dengan kepadatan penduduk berkisar 6605,96-9789,266. Kecamatan Nanggalo, Padang Utara dan Padang Timur tergolong dengan kepadatan penduduk tertinggi, dimana wilayah tersebut merupakan wilayah pusat kota dan pusat perkantoran. Sedangkan Kecamatan Padang Barat, Padang Selatan dan Lubuk Begalung tergolong pada kepadatan penduduk se-dang dengan kisaran kepadatan penduduk antara 3422,653-6605,96.

4.1.3 Persentase Rumah Tangga Berperilaku Hidup Bersih dan Sehat (X₂)

Berperilaku hidup bersih dan sehat mencerminkan suatu derajat kesehatan baik untuk diri sendiri dan rumah tangga. Rumah tangga yang berperilaku hidup bersih dan sehat dapat mengurangi resiko terkena suatu penyakit, salah satunya yaitu *pneumonia*. Indikator yang diukur dalam rumah tangga yang berperilaku hidup bersih dan sehat yaitu persalinan oleh tenaga kesehatan, pemberian ASI eksklusif, menimbang balita secara berkala, ketersediaan air bersih, cuci tangan pakai sabun, ketersediaan jamban bersih dan sehat, rumah bebas jentik nyamuk, makan buah dan sayur, melakukan aktifitas fisik dan tidak merokok di dalam rumah. Gambar 4.3 menunjukkan bahwa persentase rumah tangga yang berperilaku hidup bersih dan sehat terendah yaitu berkisar antara 62,823-66,628 persen. Kecamatan yang termasuk dalam kategori rendah yaitu Kecamatan Koto Tangah, Pauh dan Bungus Teluk Kabung. Kategori rendah ini perlu mendapat perhatian yang lebih, agar dapat meningkat cara hidup bersih dan sehat. Hal ini sangat terkait dengan jumlah kasus *pneumonia*, pada wilayah dengan persentase rumah tangga berperilaku hidup bersih dan sehat yang tergolong rendah, jumlah kasus

*pneumoni*nya tinggi. Kategori sedang dengan persentase berkisar antar 66,628-70,433 persen. Kecamatan yang berperilaku hidup bersih dan sehat dengan kategori sedang yaitu Kecamatan Padang Utara, Nanggalo, Padang Selatan, Kuranji, Lubuk Begalung, dan Lubuk Kilangan. Sedangkan Kecamatan Padang Barat dan Padang Timur termasuk dalam kategori berperilaku hidup bersih dan sehat yang tinggi dengan persentase berkisar antar 70,433-74,238 persen.

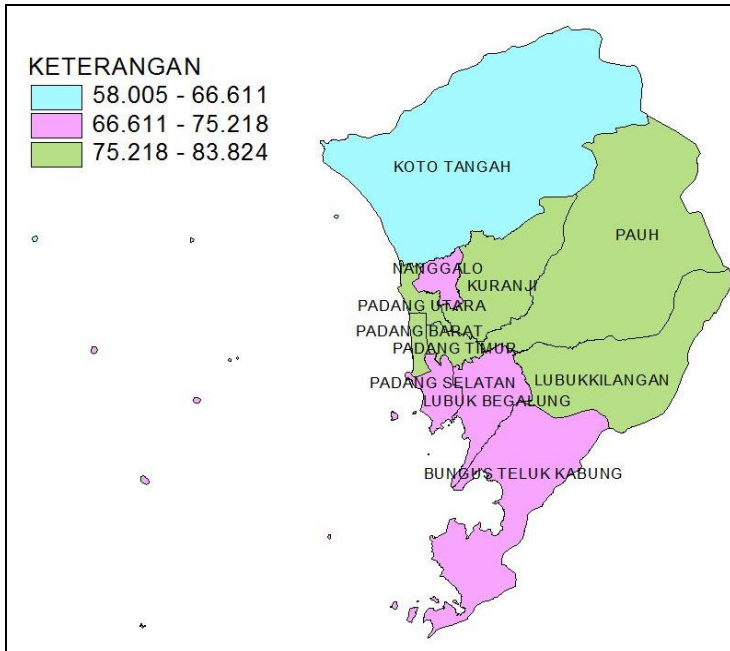


Gambar 4.3 Persebaran Persentase Rumah Tangga Berperilaku Hidup Bersih dan Sehat di Kota Padang (X_2)

4.1.4 Persentase Pemberian ASI Eksklusif (X_3)

Pemberian ASI eksklusif merupakan pemberian ASI pada bayi yang berusia 0-6 bulan tanpa memberikan makanan lain.

Banyak manfaat yang diperoleh jika memberikan ASI eksklusif pada bayi, diantaranya dapat menyempurnakan tumbuh kembang bayi dan ASI dapat menjadi antibodi alami.



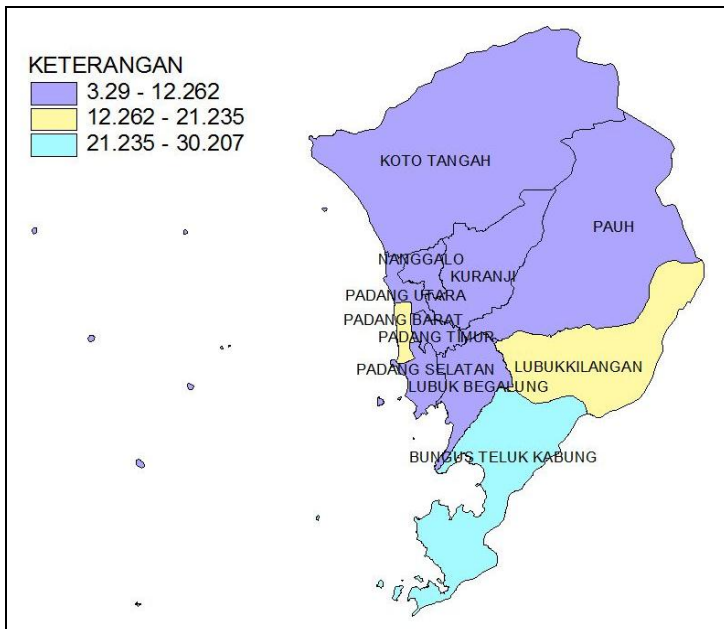
Gambar 4.4 Persebaran Persentase Pemberian ASI Eksklusif di Kota Padang (X_3)

Gambar 4.4 menunjukkan persebaran persentase pemberian ASI eksklusif di Kota Padang. Persentase terendah sebesar 58,005-66,611% di Kecamatan Koto Tangah. Angka ini menunjukkan bahwa hanya sekitar setengah dari bayi yang berumur 0-6 bulan yang diberikan ASI eksklusif oleh ibunya di Kecamatan Koto Tangah. Angka ini tidak begitu rendah, namun hendaknya lebih ditingkatkan. Kecamatan Padang Utara, Kuranji, Pauh, Padang Barat, Padang Timur dan Lubuk Kilangan dengan persentase tertinggi berkisar antara 75,218-83,824%. Sedangkan kecamatan

lainnya termasuk dalam kategori sedang dengan persentase berkisar 66,611-75,218%.

4.1.5 Persentase Balita Gizi Buruk (X_4)

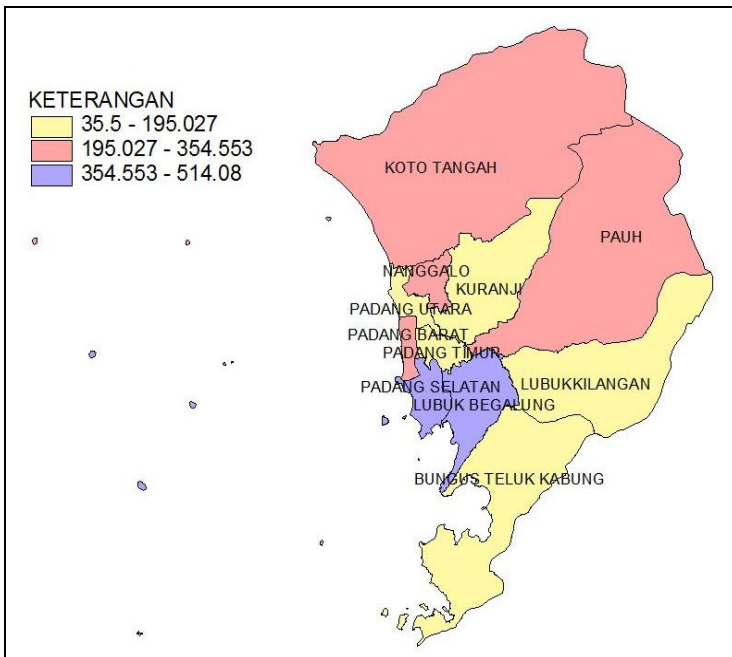
Balita gizi buruk merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi kasus *pneumonia*. Gizi buruk adalah keadaan kurang gizi yang disebabkan oleh rendahnya konsumsi protein, vitamin dan nutrisi lainnya yang dibutuhkan tubuh. Jika asupan gizi tubuh tidak terpenuhi dengan baik, maka akan mudah terserang penyakit karena rendahnya imunitas atau daya tahan tubuh.



Gambar 4.5 Persebaran Persentase Balita Gizi Buruk di Kota Padang (X_4)

Persebaran persentase balita gizi buruk ditunjukkan pada Gambar 4.5. Persentase balita gizi buruk terendah tersebar pada Kecamatan Koto Tengah, Kuranji, Pauh, Nanggalo, Padang Utara, Padang Timur, Padang Selatan dan Lubuk Begalung dengan persentase berkisar 3,29-12,262. Kategori persentase tertinggi pada Kecamatan Bungus Teluk Kabung dengan persentase berkisar antara 21,235-30,207. Wilayah ini perlu mendapat perhatian yang lebih, karena tingginya jumlah balita gizi buruk. Kecamatan lainnya termasuk dalam kategori sedang dengan persentase berkisar 12,262-21,235.

4.1.6 *Particulate Matter (PM10) (X₅)*



Gambar 4.6 Persebaran *Particulate Matter (PM10)* di Kota Padang (X₅)

Keadaan udara merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi jumlah kasus *pneumonia*. Udara yang tercemar akan meningkatkan jumlah kasus *pneumonia*, karena pada udara yang tercemar kandungan oksigen (O_2) yang dibutuhkan oleh tubuh tercampur dengan kandungan partikel lainnya yang tidak dibutuhkan atau bahkan dapat mengganggu pernapasan.

Indikator partikulat (PM10) adalah partikel udara yang berukuran lebih kecil dari 10 mikron (mikrometer). Gambar 4.8 menunjukkan persebaran partikulat (PM10) di Kota Padang. Persebaran partikulat (PM10) terendah di Kecamatan Padang Utara, Padang Timur, Kuranji, Lubuk Kilangan dan Bungus Teluk Kabung dengan konsentrasi partikulat berkisar 35,5-195,027 $\mu\text{gram}/\text{m}^3$. Konsentrasi partikulat 195,027-354,553 $\mu\text{gram}/\text{m}^3$ tersebar di Kecamatan Koto Tengah, Pauh, Nanggalo, dan Padang Barat, sedangkan Kecamatan Padang Selatan dan Lubuk Begalung termasuk dalam kategori konsentrasi partikulat (PM10) yang tinggi.

4.2 Pemodelan Jumlah Kasus *Pneumonia* di Kota Padang

Pemodelan jumlah kasus *pneumonia* di Kota Padang akan dilakukan dengan membentuk tiga model yaitu pemodelan dengan regresi Poisson, regresi Binomial Negatif dan *Geographically Weigthed Negative Binomial Regression*.

4.2.1 Pemeriksaan Multikolinieritas

Dalam pembentukan model regresi perlu dilakukan pemeriksaan multikolinieritas. Pemeriksaan kasus multikolinieritas dilakukan dengan kriteria nilai VIF. Tabel 4.2 menunjukkan nilai VIF masing-masing variabel prediktor. Nilai VIF untuk semua variabel prediktor bernilai kurang dari 10. Berdasarkan kriteria penentuan multikolinieritas, bahwa tidak terdapat kasus multikolinieritas jika nilai VIF kurang dari 10.

Tabel 4.2 Nilai VIF

Variabel	VIF	Variabel	VIF
X_1	2,129	X_4	1,408
X_2	3,534	X_5	1,409
X_3	2,758		

4.2.2 Pemodelan Jumlah Kasus *Pneumonia* Menggunakan Regresi Poisson

Pada pemeriksaan kasus multikolinieritas, diperoleh hasil bahwa tidak terdapat korelasi yang tinggi antar variabel prediktor, maka dapat dilanjutkan pada langkah selanjutnya yaitu pemodelan dengan menggunakan regresi Poisson. Tabel 4.3 menunjukkan hasil estimasi dari model regresi Poisson. Selanjutnya dilakukan pengujian secara serentak dan parsial.

Tabel 4.3 Estimasi Parameter Model Regresi Poisson

Parameter	Estimasi	SE	Z_{hitung}
β_0	6,808	0,3809	17,876
β_1	$-2,953 \times 10^{-5}$	$4,809 \times 10^{-6}$	-6,140
β_2	3×10^{-2}	$7,31 \times 10^{-3}$	4,103
β_3	$-1,408 \times 10^{-2}$	$2,505 \times 10^{-3}$	-5,621
β_4	$-7,983 \times 10^{-2}$	$2,544 \times 10^{-3}$	-31,385
β_5	$-4,816 \times 10^{-4}$	$9,074 \times 10^{-5}$	-5,308
Devians	: 62,065		
AIC	: 166,61		

a. Pengujian Parameter Model Regresi Poisson secara Serentak

Pengujian parameter model regresi Poisson secara serentak bertujuan untuk menguji apakah parameter model memiliki pengaruh yang signifikan terhadap variabel respon, dengan hipotesis sebagai berikut.

$$H_0 : \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_5 = 0$$

$$H_1 : \text{paling sedikit ada satu } \beta_j \neq 0 ; j = 1, 2, \dots, 5$$

Nilai devians yang diperoleh ditunjukkan pada Tabel 4.4 sebesar 62,065. Taraf signifikansi yang digunakan yaitu 10% ($\alpha=10\%$), sehingga nilai $\chi^2_{(0,1;5)}$ sebesar 9,236. Hal ini berarti nilai devians lebih besar dibanding nilai $\chi^2_{(0,1;5)}$. Sehingga diperoleh kesimpulan bahwa tolak H_0 yang artinya minimal ada satu variabel prediktor yang berpengaruh signifikan terhadap variabel respon.

b. Pengujian Parameter Model Regresi Poisson secara Parsial

Pada pengujian parameter secara serentak diperoleh keputusan tolak H_0 maka langkah selanjutnya adalah pengujian parameter secara parsial, untuk mengetahui variabel prediktor mana yang berpengaruh terhadap model, dengan hipotesis sebagai berikut.

$$H_0 : \beta_j = 0$$

$$H_1 : \beta_j \neq 0; j = 1, 2, \dots, 5$$

Statistik uji yang digunakan yaitu statistik uji $|Z_{hitung}|$ yang dibandingkan dengan $Z_{\alpha/2}$ dengan taraf signifikansi sebesar 10%, maka nilai $Z_{(0,05)}$ sebesar 1,645. Nilai Z_{hitung} yang diperoleh ditunjukkan pada Tabel 4.3, semua variabel memberikan pengaruh yang signifikan terhadap model, karena nilai Z_{hitung} lebih besar dibandingkan nilai $Z_{(0,05)}$. Sehingga model regresi Poisson yang diperoleh sebagai berikut.

$$\hat{\mu} = \exp(6,808 - 2,953 \times 10^{-5} X_1 + 3 \times 10^{-2} X_2 - 1,408 \times 10^{-2} X_3 - 7,983 \times 10^{-2} X_4 - 4,816 \times 10^{-2} X_5)$$

4.2.3 Pemeriksaan Overdispersi

Model regresi Poisson yang telah diperoleh perlu dilakukan pemeriksaan lagi apakah nilai mean dan varians telah sama (*equidispersion*). Dikatakan *equidispersion* jika nilai devians pada

model regresi Poisson dibagi dengan derajatnya bebasnya bernilai 1, sedangkan dikatakan *overdispersion* jika nilai devians dibagi dengan derajat bebasnya menghasilkan nilai lebih dari 1, dan dikatakan *underdispersion* jika nilai devians dibagi dengan derajat bebasnya menghasilkan nilai kurang dari 1. Nilai devians yang diperoleh dari pemodelan regresi Poisson sebesar 62,065 dengan derajat bebas adalah 5, hasil nilai devians dibagi dengan derajat bebas sebesar 12,413, nilai tersebut lebih dari 1. Hal ini menunjukkan bahwa terjadi kasus overdispersi. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk mengatasi kasus overdispersi adalah regresi binomial negatif.

4.2.4 Pemodelan Jumlah Kasus *Pneumonia* Menggunakan Regresi Binomial Negatif

Pemodelan regresi binomial negatif dilakukan dengan menggunakan θ yaitu sebesar 154,8025 yang menunjukkan parameter dispersi. Tabel 4.4 menunjukkan hasil estimasi parameter regresi binomial negatif. Selanjutnya dilakukan pengujian secara serentak dan secara parsial.

Tabel 4.4 Estimasi Parameter Model Regresi Binomial Negatif

Parameter	Estimasi	SE	Z _{hitung}
β_0	6,759	0,9313	7,258
β_1	$-2,811 \times 10^{-5}$	$1,135 \times 10^{-5}$	-2,476
β_2	$3,398 \times 10^{-2}$	$1,758 \times 10^{-2}$	1,933
β_3	$-1,789 \times 10^{-2}$	$6,428 \times 10^{-3}$	-2,783
β_4	$-7,386 \times 10^{-2}$	$4,916 \times 10^{-3}$	15,024
β_5	$-5,037 \times 10^{-4}$	$2,244 \times 10^{-4}$	-2,245
Devians	: 10,86		
AIC	: 136,64		

a. Pengujian Parameter Model Regresi Binomial Negatif secara Serentak

Pengujian parameter model regresi binomial negatif secara serentak bertujuan untuk menguji apakah parameter model

memiliki pengaruh yang signifikan terhadap variabel respon, dengan hipotesis sebagai berikut.

$$H_0 : \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_5 = 0$$

$$H_1 : \text{paling sedikit ada satu } \beta_j \neq 0 ; j = 1, 2, \dots, 5$$

Nilai devians yang diperoleh ditunjukkan pada Tabel 4.4 sebesar 10,86. Taraf signifikansi yang digunakan yaitu 10%, sehingga nilai $\chi^2_{(0,1;5)}$ sebesar 9,236. Hal ini berarti nilai devians lebih besar dibanding nilai $\chi^2_{(0,1;5)}$. Sehingga diperoleh kesimpulan bahwa tolak H_0 yang artinya minimal ada satu variabel prediktor yang berpengaruh signifikan terhadap variabel respon. Selanjutnya dilakukan pengujian secara parsial.

b. Pengujian Parameter Model Regresi Binomial Negatif secara Parsial

Pengujian secara parsial untuk mengetahui variabel prediktor mana yang berpengaruh terhadap model, dengan hipotesis sebagai berikut.

$$H_0 : \beta_j = 0$$

$$H_1 : \beta_j \neq 0 ; j = 1, 2, \dots, 5$$

Statistik uji yang digunakan yaitu statistik uji $|Z_{hitung}|$ yang dibandingkan dengan $Z_{\alpha/2}$ dengan taraf signifikansi sebesar 10%, maka nilai $Z_{(0,05)}$ sebesar 1,645. Nilai Z_{hitung} yang diperoleh ditunjukkan pada Tabel 4.4, seluruh parameter mempunyai nilai Z_{hitung} lebih besar dibandingkan nilai $Z_{(0,05)}$, yang berarti bahwa seluruh variabel mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap pembentukan model. Sehingga model regresi binomial negatif yang diperoleh sebagai berikut.

$$\hat{\mu} = \exp(6,759 - 2,811 \times 10^{-5} X_1 + 3,398 \times 10^{-2} X_2 - 1,789 \times 10^{-2} X_3 - 7,386 \times 10^{-2} X_4 - 5,037 \times 10^{-2} X_5)$$

4.2.5 Uji Signifikansi Parameter Dispersi

Pengujian overdispersi dilakukan untuk mengetahui apakah parameter dispersi yang digunakan tersebut lebih dari nol atau *equidispersi* atau tidak, dengan hipotesis sebagai berikut.

$$H_0 : \theta = 0$$

$$H_1 : \theta > 0$$

Statistik uji yang digunakan yaitu

$$T = -2(L_p - L_{BN})$$

Sehingga diperoleh $T = 31,96$. Nilai $\chi^2_{(0,1;1)} = 2,706$, maka tolak H_0 karena nilai T lebih besar dibandingkan nilai $\chi^2_{(0,1;1)}$ yang artinya parameter dispersi yang digunakan lebih dari nol atau tidak memenuhi *equidispersi* sehingga model regresi binomial negatif lebih baik dibandingkan dengan model regresi Poisson. Berdasarkan nilai AIC yang diperoleh bahwa nilai AIC regresi binomial negatif lebih kecil dibandingkan nilai AIC regresi Poisson, hal ini menunjukkan bahwa model regresi binomial negatif lebih baik dibandingkan model regresi Poisson.

4.2.6 Pengujian Aspek Spasial

Penyakit *pneumonia* adalah penyakit menular yang dapat ditularkan melalui udara. Jika seseorang yang hidup di wilayah yang sama dengan penderita *pneumonia* memiliki resiko yang lebih tinggi untuk tertular penyakit *pneumonia* dibandingkan yang hidup di wilayah yang berbeda. Adanya perbedaan antara wilayah satu dengan wilayah lainnya menimbulkan dugaan bahwa terdapat pengaruh lokasi tertentu terhadap peningkatan jumlah kasus *pneumonia* di Kota Padang. Adanya perbedaan tersebut perlu dilakukan pengujian spasial. Pengujian aspek spasial terdapat dua pengujian yaitu heterogenitas spasial dan dependensi spasial. Pengujian heterogenitas spasial untuk melihat adanya perbedaan karakteristik antara satu titik pengamatan dengan titik pengamatan lainnya dengan menggunakan metode *Breusch-Pagan* dengan hipotesis sebagai berikut.

$H_0 : \sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \dots = \sigma_{11}^2 = \sigma^2$ (variansi antar lokasi sama)

$H_1 : \text{minimal ada satu } \sigma_i^2 \neq \sigma^2; i=1,2,\dots,11$ (variansi antar lokasi tidak sama)

Berdasarkan hasil pengujian diperoleh nilai statistik uji *Breusch-Pagan* sebesar 4,0684 dengan P-value 0,5396, dengan jumlah parameter 5 dan digunakan α sebesar 10% maka didapatkan $\chi^2_{(0,1;5)}$ sebesar 9,236. Nilai $BP < \chi^2_{(0,1;5)}$, maka diambil keputusan gagal tolak H_0 yang berarti variansi antarlokasi sama atau tidak terdapat perbedaan karakteristik antara satu lokasi titik pengamatan dengan titik pengamatan lainnya.

Pengujian selanjutnya adalah pengujian dependensi spasial untuk mengetahui apakah pengamatan suatu lokasi berpengaruh terhadap pengamatan lokasi lain yang berdekatan. Pengujian dependensi spasial dapat dilakukan dengan statistik uji Moran's I dengan hipotesis sebagai berikut.

$H_0 : I = 0$ (tidak ada dependensi spasial)

$H_1 : I \neq 0$ (ada dependensi spasial)

Berdasarkan hasil pengujian dengan matriks pembobot *fixed gaussian kernel*. Hasil perhitungan statistik uji diperoleh bahwa nilai Z_I adalah sebesar 2,267. Nilai ini lebih besar dibandingkan nilai $Z_{(0,05)}$ yaitu sebesar 1,645, sehingga dapat diputuskan tolak H_0 yang berarti bahwa ada dependensi spasial atau pengamatan suatu lokasi bergantung pada pengamatan di lokasi lain yang letaknya berdekatan.

4.2.7 Pemodelan Jumlah Kasus *Pneumonia* Menggunakan *Geographically Weighted Negative Binomial Regression*

Pada penelitian ini pembobot yang digunakan adalah fungsi kernel *fixed gaussian* karena menghasilkan nilai *Cross-Validation* (CV) yang minimum dibandingkan dengan fungsi kernel lainnya, jarak euclidean, pembobot kernel *fixed gaussian* dan *bandwidth*,

dapat dilihat pada Lampiran 6, 7, dan 10. Pembobot digunakan untuk penaksiran parameter model GWNBR jumlah kasus *pneumonia* di Kota Padang. Pemodelan jumlah kasus *pneumonia* menggunakan metode GWNBR perlu dilakukan pengujian kesamaan model dengan regresi binomial negatif dengan hipotesis sebagai berikut.

$$H_0 : \beta_j(u_i, v_i) = \beta_j$$

$$H_1 : \beta_j(u_i, v_i) \neq \beta_j ; i=1,2,\dots,11 ; j=1,2,\dots,5$$

Statistik uji.

$$F_{hit} = \frac{deviansBN}{deviansGWNBR}$$

$$F_{hit} = \frac{10,86}{10,39} = 1,045$$

Berdasarkan hasil perhitungan didapatkan nilai F_{hit} sebesar 1,045 dengan menggunakan taraf signifikansi 10% didapatkan $F_{(0,1;5;5)}$ sebesar 3,45 yang artinya bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara model regresi binomial negatif dengan model GWNBR. Pada penelitian ini dipilih model GWNBR sehingga dilanjutkan untuk pengujian parameter.

a. Pengujian Parameter Model GWNBR Secara Serentak

Pengujian signifikansi model GWNBR secara serentak bertujuan untuk mengetahui apakah secara serentak variabel prediktor memberikan pengaruh terhadap model, dengan hipotesis sebagai berikut.

$$H_0 : \beta_1(u_i, v_i) = \beta_2(u_i, v_i) = \dots = \beta_5(u_i, v_i) = 0$$

$$H_1 : \text{paling sedikit ada satu } \beta_j(u_i, v_i) \neq 0 ; i=1,2,\dots,11 ; j=1,2,\dots,5$$

Berdasarkan hasil perhitungan didapatkan nilai devians model GWNBR sebesar 10,39 dengan taraf signifikansi 10% didapatkan $\chi^2_{(0,1;5)}$ sebesar 9,236, nilai devians lebih besar diban-

dingkan nilai $\chi^2_{(0,1;5)}$, sehingga dapat diputuskan bahwa tolak H_0 , berarti bahwa paling sedikit ada satu parameter model GWNBR yang berpengaruh signifikan, maka dilanjutkan dengan pengujian parameter secara parsial.

b. Pengujian Parameter Model GWNBR Secara Parsial

Pengujian parameter secara parsial bertujuan untuk mengetahui parameter mana saja yang berpengaruh signifikan terhadap model, dengan hipotesis sebagai berikut.

$$H_0 : \beta_j(u_i, v_i) = 0$$

$$H_1 : \beta_j(u_i, v_i) \neq 0 ; i=1,2,\dots,11 ; j=1,2,\dots,5$$

Berdasarkan hasil pengujian signifikansi parameter, diperoleh parameter yang signifikan berbeda-beda untuk tiap kecamatan. Hasil estimasi parameter dan nilai Z hitung parameter model GWNBR dapat dilihat pada Lampiran 11 dan 12. Jika nilai $|Z_{hit}|$ setiap kecamatan lebih besar dibandingkan nilai $Z_{(0,05)}$ sebesar 1,645, maka tolak H_0 , yang berarti bahwa parameter tersebut memberikan pengaruh yang signifikan terhadap model.

Variabel yang berpengaruh signifikan di setiap kecamatan Kota Padang seluruhnya sama, yaitu seluruh variabel berpengaruh signifikan pada setiap kecamatan di Kota Padang pada taraf signifikansi 10%, akan tetapi jika menggunakan taraf signifikansi 5% terdapat dua kelompok persebaran wilayah berdasarkan variabel yang signifikan, yaitu kelompok 1 dengan variabel yang signifikan X_1 , X_2 , X_3 , X_4 , dan X_5 , dan kelompok 2 dengan variabel yang signifikan X_1 , X_2 , X_3 , dan X_4 .

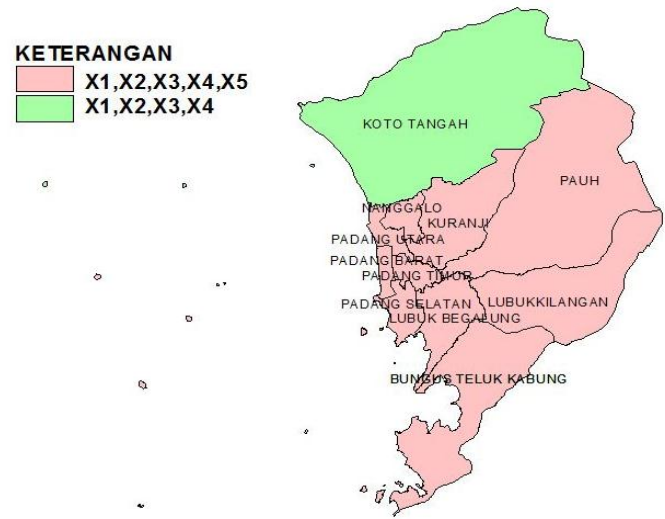
Persebaran wilayah berdasarkan variabel yang signifikan pada taraf signifikansi 10% ditunjukkan pada Gambar 4.7 dan persebaran wilayah dengan taraf signifikansi 5% ditunjukkan pada Gambar 4.8. Pada Tabel 4.5 menunjukkan model GWNBR untuk masing-masing kecamatan di Kota Padang

Tabel 4.5 Model GWNBR untuk Tiap kecamatan

Kecamatan	Model
Padang Barat	$\hat{\mu} = \exp(6,75886 - 3 \times 10^{-5} X_1 + 3,311 \times 10^{-2} X_2 - 1,707 \times 10^{-2} X_3 - 7,426 \times 10^{-2} X_4 - 5 \times 10^{-4} X_5)$
Padang Timur	$\hat{\mu} = \exp(6,75886 - 3 \times 10^{-5} X_1 + 3,3339 \times 10^{-2} X_2 - 1,1735 \times 10^{-2} X_3 - 7,420 \times 10^{-2} X_4 - 5 \times 10^{-4} X_5)$
Padang Utara	$\hat{\mu} = \exp(6,75886 - 3 \times 10^{-5} X_1 + 3,27 \times 10^{-2} X_2 - 1,659 \times 10^{-2} X_3 - 7,491 \times 10^{-2} X_4 - 5 \times 10^{-4} X_5)$
Padang Selatan	$\hat{\mu} = \exp(6,75886 - 3 \times 10^{-5} X_1 + 3,3339 \times 10^{-2} X_2 - 1,1735 \times 10^{-2} X_3 - 7,420 \times 10^{-2} X_4 - 5 \times 10^{-4} X_5)$
Koto Tengah	$\hat{\mu} = \exp(6,75886 - 3 \times 10^{-5} X_1 + 3,175 \times 10^{-2} X_2 - 1,547 \times 10^{-2} X_3 - 7,644 \times 10^{-2} X_4 - 5 \times 10^{-4} X_5)$
Nanggalo	$\hat{\mu} = \exp(6,75886 - 3 \times 10^{-5} X_1 + 3,277 \times 10^{-2} X_2 - 1,665 \times 10^{-2} X_3 - 7,504 \times 10^{-2} X_4 - 5 \times 10^{-4} X_5)$
Kuranji	$\hat{\mu} = \exp(6,75886 - 3 \times 10^{-5} X_1 + 3,322 \times 10^{-2} X_2 - 1,710 \times 10^{-2} X_3 - 7,489 \times 10^{-2} X_4 - 5 \times 10^{-4} X_5)$
Pauh	$\hat{\mu} = \exp(6,75886 - 3 \times 10^{-5} X_1 + 3,391 \times 10^{-2} X_2 - 1,786 \times 10^{-2} X_3 - 7,413 \times 10^{-2} X_4 - 5 \times 10^{-4} X_5)$
Lubuk Kilangan	$\hat{\mu} = \exp(6,75886 - 3 \times 10^{-5} X_1 + 3,409 \times 10^{-2} X_2 - 1,806 \times 10^{-2} X_3 - 7,394 \times 10^{-2} X_4 - 5 \times 10^{-4} X_5)$
Lubuk Begalung	$\hat{\mu} = \exp(6,75886 - 3 \times 10^{-5} X_1 + 3,3376 \times 10^{-2} X_2 - 1,776 \times 10^{-2} X_3 - 7,376 \times 10^{-2} X_4 - 5 \times 10^{-4} X_5)$
Bungus Teluk Kabung	$\hat{\mu} = \exp(6,75886 - 3 \times 10^{-5} X_1 + 3,470 \times 10^{-2} X_2 - 1,882 \times 10^{-2} X_3 - 7,262 \times 10^{-2} X_4 - 5 \times 10^{-4} X_5)$



Gambar 4.7 Persebaran Wilayah berdasarkan Variabel yang Signifikan ($\alpha=10\%$)



Gambar 4.8 Persebaran Wilayah berdasarkan Variabel yang Signifikan ($\alpha=5\%$)

Pengujian parameter untuk Kecamatan Padang Timur dengan estimasi parameter sebagai berikut.

Tabel 4.6 Estimasi Parameter Model GWNBR di Kecamatan Padang Timur

Parameter	Estimasi	Z_{hitung}
β_0	6,75886	47671,12
β_1	-3×10^{-5}	-3,2312
β_2	$3,3339 \times 10^{-2}$	4,4205
β_3	$-1,735 \times 10^{-2}$	-2,5987
β_4	$-7,420 \times 10^{-2}$	-12,4816
β_5	-5×10^{-4}	-2,1649

Pada Tabel 4.6 terlihat bahwa seluruh variabel memberikan pengaruh yang signifikan terhadap model, karena nilai $|Z_{hitung}|$ lebih besar dibandingkan nilai $Z_{(0,05)}$ sebesar 1,645, sehingga model GWNBR yang dapat dibentuk untuk Kecamatan Padang Timur adalah sebagai berikut.

$$\hat{\mu} = \exp(6,75886 - 3 \times 10^{-5} X_1 + 3,3339 \times 10^{-2} X_2 - 1,1735 \times 10^{-2} X_3 - 7,420 \times 10^{-2} X_4 - 5 \times 10^{-4} X_5)$$

Berdasarkan model yang terbentuk disimpulkan bahwa setiap peningkatan 1 jiwa/km² (X_1) maka akan menurunkan rata-rata jumlah kasus *pneumonia* sebesar $\exp(-3 \times 10^{-5}) \approx 1$ kasus dengan asumsi bahwa variabel lainnya konstan. Pada kasus ini hasil yang diperoleh tidak sesuai, karena kasus *pneumonia* akan meningkat jika penduduk semakin padat, karena *pneumonia* termasuk dalam penyakit menular. Namun ini bisa saja terjadi karena semakin meningkatnya kepadatan penduduk, maka akan meningkatkan perekonomian, sehingga penduduk sadar terhadap kesehatan sehingga dapat menurunkan jumlah kasus *pneumonia*. Setiap peningkatan 1 persen rumah tangga yang berperilaku hidup bersih dan sehat (X_2) akan meningkatkan rata-rata kasus *pneumonia* sebesar $\exp(0,03339) \approx 1$ kasus dengan asumsi variabel lainnya konstan.

Hal ini tidak sesuai, karena setiap peningkatan persentase rumah tangga berperilaku hidup bersih dan sehat akan menurunkan rata-rata kasus *pneumonia*, akan tetapi hal tersebut bisa saja tidak sesuai karena rumah tangga yang berperilaku hidup bersih dan sehat merupakan cerminan dari individu dan rumah tangga tersebut. Jika individu tersebut sadar akan kesehatan pada saat ada keluarga yang sakit maka akan dibawa atau dilakukan pengobatan ke puskesmas atau fasilitas kesehatan lainnya, sehingga jumlah kasus yang tercatat semakin banyak. Setiap peningkatan 1 persen pemberian ASI eksklusif (X_3) akan menurunkan rata-rata kasus *pneumonia* sebesar $\exp(0,01735) \approx 1$ kasus dengan asumsi variabel lainnya konstan. Hal ini sesuai bahwa jika pemberian ASI secara eksklusif semakin meningkat maka akan menurunkan kasus *pneumonia*, karena kandungan ASI baik untuk kesehatan dan perkembangan balita. Setiap peningkatan 1 persen balita gizi buruk (X_4) akan menurunkan rata-rata kasus *pneumonia* sebesar $\exp(0,0742) \approx 1$ kasus dengan asumsi variabel lainnya konstan. Hal ini tidak sesuai, karena seharusnya jika persentase balita gizi buruk meningkat maka jumlah kasus *pneumonia* juga akan meningkat. Hal ini bisa saja terjadi karena akibat dari gizi buruk tersebut belum memiliki dampak yang langsung terhadap peningkatan jumlah kasus *pneumonia*, bisa jadi balita gizi buruk tersebut menderita penyakit bukan *pneumonia*. Selanjutnya setiap peningkatan 1 $\mu\text{gram}/\text{m}^3$ *particulate matter* akan menurunkan kasus *pneumonia* sebesar $\exp(0,0005) \approx 1$ dengan asumsi variabel lainnya konstan.

4.2.8 Pemilihan Model Terbaik

Pemilihan model terbaik berdasarkan kriteria nilai AIC, dimana model yang terbaik adalah model dengan nilai AIC terkecil. Nilai AIC untuk model regresi Poisson, regresi binomial negatif dan model GWNBR dapat dilihat pada Tabel 4.7 sebagai berikut.

Tabel 4.7 Nilai AIC

Model	AIC
Regresi Poisson	166,61
Regresi Binomial Negatif	136,64
GWNBR	106,3926

Tabel 4.7 menunjukkan bahwa dari ketiga model tersebut nilai AIC paling kecil terdapat pada model GWNBR, sehingga dapat diputuskan bahwa model GWNBR lebih baik dalam memodelkan jumlah kasus *pneumonia* di Kota Padang pada tahun 2014. Pada pemilihan model terbaik berdasarkan nilai AIC, terpilih model terbaik adalah model GWNBR, akan tetapi pada model GWNBR diperoleh variabel yang signifikan untuk tiap kecamatan sama atau tidak terdapat aspek spasial pada kasus *pneumonia* di Kota Padang tahun 2014. Selain itu koefisien regresi pada model regresi Poisson, regresi binomial negatif dan model GWNBR sama, dan beberapa koefisien tidak sesuai, hal ini bisa saja terjadi karena unit penelitian yang digunakan sedikit. Sehingga hasil yang diperoleh tidak sesuai dan tidak dapat menggambarkan keseluruhan kejadian yang ada.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

Lampiran 1. Unit Penelitian

No	Kecamatan
1	Padang Barat
2	Padang Timur
3	Padang Utara
4	Padang Selatan
5	Koto Tengah
6	Nanggalo
7	Kuranji
8	Pauh
9	Lubuk Kilangan
10	Lubuk Begalung
11	Bungus Teluk Kabung

Lampiran 2. Data Jumlah Kasus Pneumonia Tahun 2014 dan Faktor yang Diduga Mempengaruhinya

No	Y	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄
1	468	6522,14	71,48	83,82	17,91
2	822	9789,27	74,24	80,67	9,81
3	734	8850,00	67,07	78,30	10,67
4	614	5993,80	68,25	73,85	12,03
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
7	1381	2350,09	68,26	79,51	5,76
8	652	434,89	65,29	76,10	11,67
9	531	602,40	67,82	83,21	15,67
10	1157	3653,72	67,07	69,77	6,03
11	247	239,35	66,57	74,61	30,21

Lampiran 2. (Lanjutan)

No	X_5	U	V
1	225,78	-0,93789	100,353
2	82,33	-0,93872	100,382
3	140,91	-0,90240	100,348
4	514,08	-0,97493	100,378
⋮	⋮	⋮	⋮
7	157,00	-0,89920	100,410
8	213,85	-0,93940	100,434
9	60,59	-0,94971	100,441
10	430,72	-0,96415	100,392
11	35,50	-1,03791	100,409

Keterangan :

Y : Jumlah kasus pneumonia tahun 2014 menurut kecamatan di Kota Padang

X_1 : Kepadatan Penduduk (jiwa/km²)

X_2 : Persentase rumah tangga yang berperilaku hidup bersih dan sehat (PBHS)

X_3 : Persentase pemberian ASI eksklusif

X_4 : Persentase balita gizi buruk

X_5 : *Particulate matter* (PM10)

Lampiran 3. Nilai VIF

Regression Analysis: Y versus x1; x2; x3; x4; x5

The regression equation is

$$Y = 1103 - 0,0385 x1 + 46,3 x2 - 33,1 x3 - 49,9 x4 - 0,707 x5$$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P	VIF
Constant	1103	1934	0,57	0,593	
x1	-0,03855	0,02348	-1,64	0,162	2,129
x2	46,32	36,52	1,27	0,261	3,534
x3	-33,08	13,33	-2,48	0,056	2,758
x4	-49,854	9,412	-5,30	0,003	1,408
x5	-0,7072	0,4645	-1,52	0,188	1,409

S = 183,668 R-Sq = 91,5% R-Sq(adj) = 82,9%

Lampiran 4. Hasil Pemodelan Regresi Poisson

Deviance Residuals:					
1	2	3	4	5	6
2.2868	-2.1873	1.6481	-0.2750	0.2228	-1.6966
7	8				
3.6127	-4.4019				
9	10	11			
-2.3044	0.4249	2.9004			
Coefficients:					
	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z)	
(Intercept)	6.81E+03	3.81E+02	17,876	< 2e-16	***
x1	-2.95E-02	4.81E-03	-6,140	8,24e-10	***
x2	3.00E+01	7.31E+00	4,103	4,07e-05	***
x3	-1.41E+01	2.51E+00	-5,621	1,90e-08	***
x4	-7.98E+01	2.54E+00	-31,385	< 2e-16	***
x5	-4.82E-01	9.07E-02	-5,308	1,11e-07	***
Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1					
(Dispersion parameter for poisson family taken to be 1)					
Null deviance: 2261.945 on 10 degrees of freedom					
Residual deviance: 62.065 on 5 degrees of freedom					
AIC: 166.61					
-2 x log-likelihood = 154.6					

Lampiran 5. Hasil Pemodelan Regresi Binomial Negatif

Deviance Residuals:					
1	2	3	4	5	6
0.8695	-0.9638	0.7809	-0.2381	0.1218	-0.8975
7	8				
1.6970					
9	10	11			
-1.0363	0.3360	0.7692			
Coefficients:					
	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> t)	
(Intercept)	6.759e+00	9.313e-01	7258	3.94e-13	***
x1	-2.811e-05	1.135e-05	-2476	0.01328	
x2	3.398e-02	1.758e-02	1933	0.05327	.
x3	-1.789e-02	6.428e-03	-2783	0.00539	**
x4	-7.386e-02	4.916e-03	-15024	<0,0000	***
x5	-5.037e-04	2.244e-04	-2245	0.02477	

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1					
(Dispersion parameter for Negative Binomial(154.8025) family taken to be 1)					
Null deviance: 365.27 on 10 degrees of freedom					
Residual deviance: 10.86 on 5 degrees of freedom					
AIC: 136.64					
Theta: 154.8					
Std. Err.: 80.1					
2 x log-likelihood: -122.64					

Lampiran 6. Jarak *Euclid* Antar Kecamatan di Kota Padang

No	1	2	3	4	5	6
1	0,000	0,030	0,036	0,045	0,113	0,046
2	0,030	0,000	0,050	0,036	0,124	0,048
3	0,036	0,050	0,000	0,078	0,078	0,021
4	0,045	0,036	0,078	0,000	0,156	0,082
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
8	0,082	0,052	0,094	0,067	0,155	0,082
9	0,089	0,059	0,104	0,068	0,166	0,093
10	0,048	0,027	0,076	0,018	0,151	0,075
11	0,115	0,103	0,149	0,070	0,226	0,150

Lampiran 6. Jarak *Euclid* Antar Kecamatan di Kota Padang
(lanjutan)

No	7	8	9	10	11
1	0,069	0,082	0,089	0,048	0,115
2	0,048	0,052	0,059	0,027	0,103
3	0,062	0,094	0,104	0,076	0,149
4	0,082	0,067	0,068	0,018	0,070
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
8	0,047	0,000	0,012	0,049	0,102
9	0,059	0,012	0,000	0,050	0,094
10	0,067	0,049	0,050	0,000	0,076
11	0,139	0,102	0,094	0,076	0,000

Lampiran 7. Matriks Pembobot Spasial Fungsi Kernel *Fixed Gaussian*

No	1	2	3	4	5	6
1	1,000	0,984	0,978	0,965	0,799	0,963
2	0,984	1,000	0,957	0,977	0,764	0,961
3	0,978	0,957	1,000	0,898	0,900	0,992
4	0,965	0,977	0,898	1,000	0,653	0,889
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
8	0,889	0,954	0,856	0,925	0,657	0,890
9	0,871	0,940	0,827	0,923	0,615	0,860
10	0,961	0,987	0,903	0,994	0,670	0,906
11	0,794	0,831	0,679	0,917	0,410	0,673

Lampiran 7. (Lanjutan)

No	7	8	9	10	11
1	0,919	0,889	0,871	0,961	0,794
2	0,960	0,954	0,940	0,987	0,831
3	0,934	0,856	0,827	0,903	0,679
4	0,888	0,925	0,923	0,994	0,917
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
8	0,962	1,000	0,997	0,959	0,834
9	0,941	0,997	1,000	0,957	0,857
10	0,924	0,959	0,957	1,000	0,905
11	0,714	0,834	0,857	0,905	1,000

Lampiran 8. Hasil Uji Heterogenitas Spasial

Breusch-Pagan test

data: $Y \sim x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5$

BP = 4.0684, df = 5, p-value = 0.5396

Lampiran 9. Hasil Uji Dependensi Spasial

\$observed

[1] -0.07351804

\$expected

[1] -0.1

\$sd

[1] 0.01168141

\$p.value

[1] 0.02338922

Lampiran 10. Nilai *Bandwidth* dan *Cross Validation*

Bandwidth: 0.09138238 CV score: 2100476
Bandwidth: 0.1477122 CV score: 1580079
Bandwidth: 0.1825259 CV score: 1529871
Bandwidth: 0.1735491 CV score: 1538603
Bandwidth: 0.204042 CV score: 1515150
Bandwidth: 0.2294428 CV score: 1504431
Bandwidth: 0.2197405 CV score: 1507931
Bandwidth: 0.2257369 CV score: 1505696
Bandwidth: 0.2330382 CV score: 1503280
Bandwidth: 0.2352603 CV score: 1502604
Bandwidth: 0.2366336 CV score: 1502198
Bandwidth: 0.2374824 CV score: 1501952
Bandwidth: 0.2380069 CV score: 1501802
Bandwidth: 0.2383311 CV score: 1501710
Bandwidth: 0.2385315 CV score: 1501653
Bandwidth: 0.2386553 CV score: 1501618
Bandwidth: 0.2387319 CV score: 1501596
Bandwidth: 0.2387792 CV score: 1501583
Bandwidth: 0.2387792 CV score: 1501583

Lampiran 11. Estimasi Parameter GWNBR

No	θ	β_0	β_1	β_2
1	156.4591	6.75886	-0.00003	0.03311
2	152.2807	6.75886	-0.00003	0.03339
3	158.2847	6.75885	-0.00003	0.03270
4	152.9549	6.75887	-0.00003	0.03373
\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots
8	145.7709	6.75887	-0.00003	0.03391
9	145.1069	6.75888	-0.00003	0.03409
10	150.9819	6.75887	-0.00003	0.03376
11	151.7437	6.75889	-0.00003	0.03470

Lampiran 11. (Lanjutan)

No	β_3	β_4	β_5
1	-0.01707	-0.07426	-0.0005
2	-0.01735	-0.07420	-0.0005
3	-0.01659	-0.07491	-0.0005
4	-0.01775	-0.07360	-0.0005
\vdots	\vdots	\vdots	\vdots
8	-0.01786	-0.07413	-0.0005
9	-0.01806	-0.07394	-0.0005
10	-0.01776	-0.07376	-0.0005
11	-0.01882	-0.07262	-0.0005

Lampiran 12. Nilai Z Hitung Parameter Model GWNBR

No	β_0	β_1	β_2	β_3
1	48094.05	-3.2623	4.4479	-2.5763
2	47671.12	-3.2312	4.4205	-2.5987
3	48432.03	-3.2832	4.4872	-2.5368
4	46544.10	-3.1522	4.3006	-2.5764
5	46051.22	-3.1040	4.2643	-2.2695
6	48247.82	-3.2686	4.4796	-2.5418
7	46915.96	-3.1763	4.3716	-2.5410
8	45288.20	-3.0642	4.2194	-2.5421
9	44648.29	-3.0193	4.1591	-2.5280
10	46620.54	-3.1571	4.3180	-2.5885
11	41627.18	-2.8002	3.8314	-2.4068

Lampiran 12. (Lanjutan)

No	β_4	β_5
1	-14.3574	-2.1655
2	-14.4816	-2.1649
3	-13.9241	-2.1235
4	-14.5900	-2.1605
5	-12.1256	-1.8902
6	-13.9013	-2.1127
7	-13.9336	-2.0898
8	-14.1694	-2.0898
9	-14.1497	-2.0779
10	-14.5839	-2.1581
11	-13.9875	-2.0159

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1 Unit Penelitian	59
Lampiran 2 Data Jumlah Kasus Pneumonia Tahun 2014 dan Faktor yang Diduga Mempengaruhinya	59
Lampiran 3 Nilai VIF	61
Lampiran 4 Hasil Pemodelan Regresi Poisson.....	62
Lampiran 5 Hasil Pemodelan Regresi Binomial Negatif	63
Lampiran 6 Jarak <i>Euclid</i> antar Kecamatan di Kota Padang	64
Lampiran 7 Matriks Pembobot Spasial Fungsi Kernel <i>Fixed</i> <i>Gaussian</i>	65
Lampiran 8 Hasil Uji Heterogenitas Spasial	66
Lampiran 9 Hasil Uji Dependensi	66
Lampiran 10 Nilai <i>Bandwidth</i> dan <i>Cross Validation</i>	67
Lampiran 11 Estimasi Parameter GWNBR.....	68
Lampiran 12 Nilai Z Hitung Parameter Model GWNBR.....	69

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan, kesimpulan yang didapat adalah sebagai berikut.

1. Jumlah kasus pneumonia paling tinggi di Kecamatan Koto Tengah dan kasus pneumonia terendah di Kecamatan Bungus Teluk Kabung. Kepadatan penduduk tertinggi di wilayah Kecamatan Padang Timur, hal ini terjadi karena pusat pemerintahan dan perkantoran di daerah tersebut. Persentase rumah tangga berperilaku hidup bersih dan sehat paling rendah di Kecamatan Lubuk Kilangan. Kecamatan Padang Barat merupakan wilayah dengan persentase pemberian ASI eksklusif tertinggi, sedangkan Kecamatan Koto Tengah merupakan wilayah dengan persentase balita gizi buruk. *Particulate matter* yang paling tinggi yaitu di Kecamatan Padang Selatan.
2. Hasil pemodelan GWNBR menunjukkan bahwa seluruh variabel di tiap kecamatan di Kota Padang berpengaruh signifikan. Tidak terdapat perbedaan variabel yang berpengaruh signifikan antar kecamatan.

5.2 Saran

Adapun saran dari hasil penelitian yaitu sebagai berikut.

1. Untuk penelitian selanjutnya pada penelitian dengan kasus yang sama lebih menambah variabel dan menggunakan unit penelitian yang lebih banyak agar hasil analisis yang diperoleh lebih baik dan mampu memberikan informasi yang akurat.
2. Bagi Dinas Kesehatan Kota Padang dapat memberikan arahan kepada masyarakat yang wilayahnya banyak faktor yang mempengaruhi peningkatan jumlah kasus pneumonia.

DAFTAR PUSTAKA

- Agresti, A. (2002). *Ategorical Data Analysis Second Edition*. New York: John Wiley & Sons.
- Anselin, L. (1998). *Spatial Econometris : Methods and Models*, Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Cameron, A.C. & Trivedi, P.K. (1998) *Regression Analysis of Count Data*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Dinas Kesehatan Kota Padang. (2015). *Profil Kesehatan Kota Padang Tahun 2014*. Padang: Dinas Kesehatan Kota Padang.
- Famoye, F., Wulu, J.T. & Singh, K.P. (2004). On The Generalized Poisson Regression Model with an Application to Accident Data. *Journal of Data Science* 2 (2004) 287-295.
- Hardin, J. W., & Hilbe, J.M. (2007). *Generalized Liniear Models and Extensions Second Edition*. Texas: Stata Press.
- Hidayah, R.N. 2014. Pemodelan Proporsi Kasus Penyakit Infeksi Saluran Pernapasan Akut (ISPA) bagian Atas pada Balita di Kabupaten Gresik dengan Geographically Weighted Regression. 2 : 2337-3520.
- Hilbe, J.M. (2011). *Negative Binomial Regression Second Edition*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Hocking, R.R. (1996). *Method and Applications of Linier Models*. New York: John Wiley and Sons Inc.
- Machmud, R. 2006. *Pneumonia Balita di Indonesia dan Peran Kabupaten dalam Menanggulanginya*. Padang: Andalas University Press.
- Maghfiroh, F.N. (2015). *Pemodelan Kasus Pneumonia Balita Di Kota Surabaya Dengan Geographically Weighted Poisson Regression Dan Flexibly Shaped Spatial Scan Statistic*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Marpaung, P.R.G. (2014). *Analisis Kadar Particulate Matter (PM10) dan Keluhan ISPA Pada Daerah Industri Galangan Kapal di Kelurahan Pelunggut Kecamatan Sagulung Kota Batam Tahun 2014*. Medan: Universitas Sumatera Utara.

- Mc Cullagh, P. & Nelder, J.A. (2007). *Generalized Linear Models Second Edition*. London: Chapman & Hall.
- Ricardo, A. & Carvalho, T.V.R. (2013). Geographically Weighted Negative Binomial Regression-Incorporating Overdispersion 24:769-783.
- Rustiyanto, E. (2012). *Faktor Resiko Kejadian Pneumonia Pada Balita*. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Sulistyowati, R. (2010). *Hubungan Antara Rumah Tangga Sehat dengan Kejadian Pneumonia Pada Balita di Kabupaten Trenggalek*. Surakarta: Universitas Sebelas Maret.
- Yandofa, D. (2012). *Hubungan Status Gizi dan Pemberian ASI Pada Balita Terhadap Kejadian Pneumonia di Wilayah Kerja Puskesmas Ambacang Kecamatan Kuranji Padang Tahun 2011*. Padang: Universitas Andalas.



BIODATA PENULIS

Reno Warni Diva Rahmitri lahir di Payakumbuh pada tanggal 6 November 1991, merupakan anak ketiga dari empat bersaudara dari Zenteno dan Rosmaliwarnis. Penulis telah menempuh pendidikan formal di TK Pertiwi (1997-1998), SD Negeri 13 Nankodok (1998-2004), SMP Negeri 2 Payakumbuh (2004-2007), SMA Negeri 2 Payakumbuh (2007-2010), Diploma III Statistika FMIPA-Universitas Negeri Padang (2010-2014). Pada tahun 2014 penulis melanjutkan studi jenjang Sarjana di Jurusan Statistika FMIPA-ITS. Selama kuliah D-3 Penulis menjadi asisten dosen pada mata kuliah Aplikasi Komputer dan Bahasa Pemrograman. Pengalaman bekerja penulis antara lain sebagai mitra di BPS Kabupaten 50 Kota dan BPS Kota Payakumbuh, dan sebagai staf administrasi di Karoseri Zulfikar. Segala saran dan kritik yang membangun serta yang ingin berdiskusi lebih lanjut dengan Penulis mengenai Tugas Akhir ini dapat dikirimkan melalui email renowarnidivar@gmail.com.